



Naturalis

Repositorio Institucional

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Qué especies de vinchucas modificarán su distribución geográfica en la Argentina? : Un análisis de los microhábitats y microclimas de los triatomíneos vectores de la enfermedad de Chagas

Balsalobre, Agustín

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: Rabinovich, Jorge Eduardo

Co-dirección: Marti, Gerardo Aníbal

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

2016

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20160411001454>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

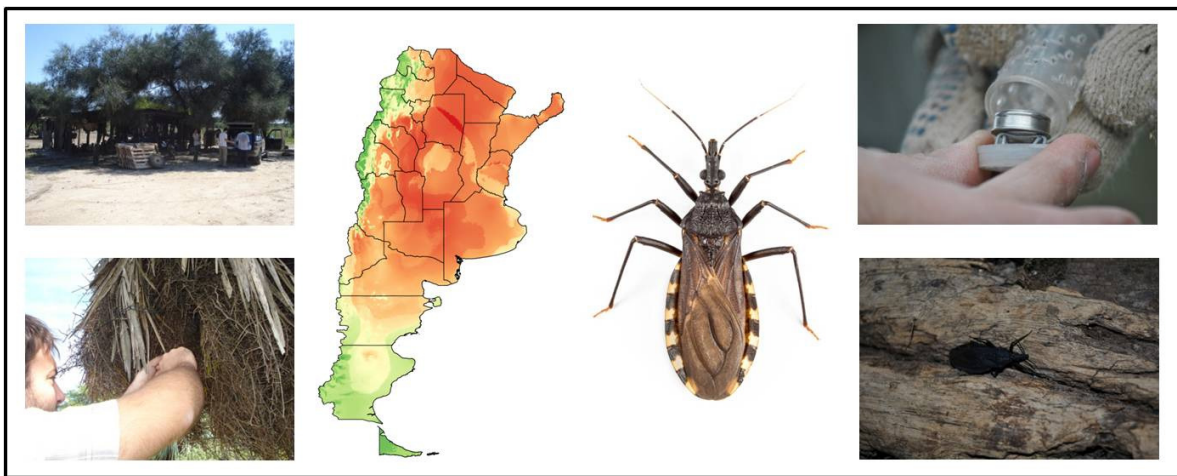


Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo

¿Qué especies de vinchucas modificarán su distribución geográfica en la Argentina? Un análisis de los microhábitats y microclimas de los triatominos vectores de la enfermedad de Chagas.



Lic. Balsalobre Agustin

Trabajo de Tesis Doctoral

Directores

Jorge Eduardo Rabinovich

Gerardo Aníbal Marti

Gracias....

- ✓ A mis directores de Tesis y becas doctorales, Jorge E Rabinovich, Gerardo A Marti y David E Gorla, por brindarme la dirección, colaboración y apoyo profesional permanente para la realización del doctorado.
- ✓ A los directores del Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE-CCT-La Plata-CONICET-UNLP). Alda González y Graciela Navonne por permitirme y facilitarme la realización del doctorado en dicho instituto.
- ✓ A La facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) que me formó.
- ✓ A los integrantes de la Cátedra de Ecología de Poblaciones (FCNyM. UNLP).
- ✓ A los integrantes del proyecto de Extensión “¿De qué hablamos cuando hablamos de Chagas?”(UNLP).
- ✓ A mis compañeros de laboratorio: Soledad, Paula, Laurita, Evangelina y Victoria, por colaborar de una u otra manera en la realización de esta tesis en un clima de amistad, permanente colaboración y amplia generosidad.
- ✓ A todo el personal técnico del CEPAVE principalmente a Graciela Minardi por su colaboración en el análisis estadístico, a Jorge Berneche (“Rata”) por su ayuda en los viajes de campo, a Gustavo Rossi por su incansable ganas de enseñarme, a Waldo Herramuspe por su colaboración, a Cailo y Luis por sus ayudas.
- ✓ A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (FONCYT) y al CONICET y al CYTED por haberme financiado parcialmente mi doctorado a través del otorgamiento de las Becas, estadías y capacitaciones que me permitieron llevar a cabo este estudio.

- ✓ A la CONAE y el Servicio Meteorológico Nacional por brindar los datos solicitados para llevar a cabo parte de esta tesis.
- ✓ A Daniel Calvo por sus aporte en los análisis estadísticos.
- ✓ A las familias Messa y Cassatti por permitirme la realización de todas las campañas realizadas en la provincia de Chaco.
- ✓ A la familia Noetinger por permitirme la realización de todas las campañas realizadas en la provincia de Córdoba.
- ✓ A la familia Lirusso por haberme acompañado y ayudado incondicionalmente en toda esta etapa
- ✓ A mis amigos de la “Facu”: Doffo, Joaco, Petru, Lau, Colo, Cacho, Celi, Martin, por tantas horas de estudio y momentos compartidos.
- ✓ A los hermanos de la “vida”: Nico, Matu, Julio, Pablos (x4), Caco, Mori, Chuky, Galpa, Miyu, Enano, Adriano, Pela, Goro, Leo, Piky, Martin y la lista sigue....
- ✓ A mi familia por apoyarme en este camino.
- ✓ A mi hermano, Fermin, por tanto aguante y apoyo en la vida.
- ✓ A mis viejos, José y Andrea, por pelearla tanto para que hoy esto se haga realidad y por ser los bastiones fundamentales de mi vida.
- ✓ A Verónica, por estar siempre y acompañarme en todo.

1.1	RESUMEN	7
1.2	ABSTRACT	12
2	CAPÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES	17
2.1	INTRODUCCIÓN GENERAL	17
2.1.1	Tripanosomiasis americana	17
2.1.2	Mecanismos de infección de <i>T. cruzi</i> en humanos	18
2.1.3	<i>Trypanosoma cruzi</i> : clasificación taxonómica y ciclo de vida	20
2.1.4	Características clínicas de la enfermedad de Chagas	22
2.1.5	Vectores	24
2.1.6	Programas de control para la erradicación del vector	28
2.1.7	Distribución de los triatominos en Argentina	30
2.2	ANTECEDENTES	31
2.3	OBJETIVOS	34
2.3.1	Objetivo general	34
2.3.2	Objetivos específicos	34
3	CAPÍTULO II MICROHÁBITATS Y MICROCLIMAS	35
3.1	INTRODUCCIÓN	35
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.2.1	Áreas de estudio	41
3.2.2	Recopilación de datos	46
3.2.3	Estudio previo en las áreas de trabajo	47
3.2.4	Descripción de los sensores (" <i>Data loggers</i> ")	47
3.2.5	Sitio de estudio	49
3.2.6	Descripción de los microhábitats	51
3.2.7	Programación de los sensores y obtención de los datos	61
3.2.8	Transformación de datos	62
3.2.9	Análisis de los datos de temperatura y humedad relativa	63
3.3-	RESULTADOS	68
3.3-1.	Recopilación bibliográfica	68
3.3-2.	Especies de triatominos recolectados durante el muestreo	69

3.3-3.	Registros obtenidos por los sensores	70
3.3-4.	Temperatura en la provincia de Chaco	70
3.3-5.	Humedad relativa en la provincia de Chaco	85
3.3-6.	Interacción temperatura y humedad relativa en la provincia de chaco	100
3.3-7.	Temperatura en la provincia de córdoba	102
3.3-8.	Humedad relativa en la provincia de Córdoba	119
2.3-9.	Interacción temperatura y humedad relativa en la provincia de Córdoba	135
3.4	DISCUSIÓN	137
4	CAPITULO 3 DISTRIBUCIONES POTENCIALES DE LAS ESPECIES DE TRIATOMINOS EN ARGENTINA	144
4.1	introducción	144
4.2	Materiales y mÉtodos	147
4.2.1	Especies de triatominos en Argentina	147
4.2.2	Áreas de estudio	147
4.2.3	Datos de presencias	148
4.2.4	Variables macroclimáticas	149
4.2.5	Análisis de multicolinearidad	150
4.2.6	Modelado de nicho ecológico en condiciones climáticas actuales y futuras	151
4.2.7	Importancia de las variables ambientales	151
4.2.8	Evaluación de los modelos de nicho ecológico	152
4.2.9	Cambios en la Adecuabilidad Climática	153
4.2.10	Cambios en la distribución geográfica	154
4.2.11	Relación entre las variables macro y microclimáticas	155
4.3	Resultados	156
4.3.1	Clasificación de las especies de triatominos	156
4.3.2	Puntos de presencia de las especies	156
4.3.3	Variables bioclimáticas predictoras de la adecuabilidad climática	157
4.3.4	Validación de los modelos de nicho ecológico	160
4.3.5	Cambios en la adecuabilidad climática	162
4.3.6	Cambios en la distribución geográfica	186
4.3.7	Relación entre variables macro y microclimáticas	206
4.4	Discusión	208

4.5	Conclusiones generales	216
4.6	Bibliografía	218
4.7	Anexo 1	246

1.1 RESUMEN

La Organización Mundial de la Salud catalogó a la enfermedad de Chagas como una de las 17 Enfermedades Tropicales Desatendidas del mundo, siendo uno de los mayores flagelos de América Latina. Se estima que entre 7 u 8 millones de personas sufren sus consecuencias y 120 millones se encuentran en riesgo de contraerla. En Argentina es uno de los problemas sanitarios más relevante, afectando alrededor de 1,6 millones de personas. Si bien en la actualidad la vía vectorial sigue siendo la principal vía de transmisión de *T. cruzi* en América Latina, en las últimas décadas se han detectado cada vez más casos en continentes, como resultado de la movilidad de la población, en particular la migración y producto de las transfusiones sanguíneas, los trasplantes y la vía congénita.

La mayoría de las especies de triatomíneos son silvestres y sólo un pequeño porcentaje invade los peridomicilios y domicilios actuando como los principales vectores de *T. cruzi* en Sudamérica. En Argentina solo se encuentran dos de las cinco tribus (Rhodniini y Triatomini) y tres de los 15 géneros (*Psammolestes*, *Panstrongylus*, y *Triatoma*). Hasta el momento han sido reportadas 17 especies de triatomíneos: *Psammolestes coreodes*, *Panstrongylus megistus*, *P. guentheri*, *P. geniculatus*, *P. rufotuberculatus* y *Triatoma breyeri*, *T. delpontei*, *T. eratyrusiformis*, *T. garciabesi*, *T. guasayana*, *T. infestans*, *T. limai*, *T. platensis*, *T. patagonica*, *T. sordida*, *T. rubrovaria* y *T. rubrofasciata*. Los rangos de distribución de estas especies abarcan desde 0 hasta los 4100 m.s.n.m, con temperaturas mínimas absolutas inferiores a los -10°C y máximas absolutas superiores a los 40°C, y precipitaciones medias anuales desde los 0.5 hasta los 2910 mm. Estas temperaturas y grado de desecación harían casi imposible la supervivencia de estos insectos, sin embargo los microhábitats silvestres, peridomiciliarios y domiciliarios amortiguan estas condiciones extremas proporcionando refugios donde desarrollarse y sobrevivir.

El primer objetivo de esta tesis fue estimar, sobre la base de la temperatura y la humedad relativa, los parámetros bioclimáticos característicos de los

microhábitats domiciliarios, peridomiciliarios y silvestres. Para ello se utilizaron cinco sensores (“data loggers”) con el fin de obtener los datos de las variables microclimáticas cada 35 minutos durante un año en las provincias de Chaco y Córdoba, Argentina. Se decidió trabajar en estas provincias, ya que las áreas de muestreo se encuentran en dos ecorregiones con condiciones macroclimáticas bien diferenciadas (Chaco seco y Espinal), respectivamente.

En ambas provincias, el domicilio fue el único microhábitat que amortiguó las temperaturas y humedades relativas mínimas y máximas absolutas exteriores. Si bien los peridomicilios donde se colocaron los sensores estaban protegidos, estos materiales no lograron amortiguar las condiciones ambientales externas. Por lo tanto, las especies de triatominos que habitan los peridomicilios en ambas provincias se encontrarían expuestas a las condiciones más severas del clima, teniendo que soportar temperaturas extremas similares a las ambientales. Los microhábitats silvestres en ambas provincias se comportaron de manera similares a las condiciones ambientales control, a excepción del nido de Psittacidae en la provincia de Córdoba, que atenuó las temperaturas promedios diarias en las horas de mayor calor, y mantuvo temperaturas más elevadas durante la noche en la primavera y verano, mostrando un comportamiento similar al domicilio. Durante este trabajo, se obtienen y analizan por primera vez, las temperaturas y humedades relativas en hábitats silvestres en la provincia de Chaco, así como también, en todos los microhábitats de la provincia de Córdoba.

Los insectos son capaces de sobrevivir dentro de un cierto rango de temperaturas y humedades relativas que les permiten realizar actividades básicas. La temperatura umbral mínima ($T_{\text{mín}}$) y máxima ($T_{\text{máx}}$), así como ciertos rangos de humedades relativas determinan las condiciones adecuadas para el desarrollo de los triatominos. En esta tesis se utilizaron valores de $T_{\text{mín}} \leq 15^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{máx}} \geq 40^{\circ}\text{C}$ y las humedades relativas se clasificaron en: Período favorable (menor a 20% de HR), Período tolerable (20 - 80% de HR) y Período desfavorable (mayor a 80% de HR). Los resultados obtenidos en los análisis de la influencia de las temperaturas y humedades relativas umbrales, indican que la temperatura umbral máxima

ejergería una influencia negativa sobre los triatominos de la provincia de Chaco en los meses de verano. Las temperaturas por encima de los 40 °C en el microhábitat domiciliario, peridomiciliario y silvestre (nido de Psittacidae) fueron relativamente escasas en comparación con la cantidad de horas favorables en los meses de diciembre, enero y febrero. Por otro lado, si bien el nido de Psittacidae se comportó de manera similar al control, en el nido de Furnaridae se registraron temperaturas superiores al umbral en diciembre y enero. En Córdoba, los sensores colocados en el domicilio, peridomicilio y nido de Psittacidae no registraron temperaturas superiores a los 40 °C. Al igual que en la provincia de Chaco, el nido de Furnaridae fue el único microhábitat donde las temperaturas superiores al umbral podrían tener un efecto negativo en la permanencia de los triatominos. Nuestros resultados muestran que en la provincia de Chaco, donde se esperaría encontrar un gran porcentaje de horas con humedades relativas menores al 20%, estos valores son realmente escasos o nulos en la mayoría de los meses del año. Por lo tanto, las condiciones macroclimáticas y microclimáticas que pueden soportar los triatominos en la provincia de Chaco y Córdoba distan en gran medida de la humedades relativas optimas establecidas por otros autores. Los promedios mensuales de humedad relativa de los microhábitats en ambas provincias muestran valores entre 50% en los meses de verano y 80% en los meses de invierno. Estos resultados concuerdan con las condiciones de cría de los triatominos en los insectarios, pudiendo contribuir al óptimo mantenimiento de las colonias de varias especies de triatominos.

La distribución geográfica de las especies de triatominos está relacionada con factores bioclimáticos, como la temperatura, la precipitación y la humedad, y con las especies de vertebrados con las que están relacionadas tróficamente. Los trabajos que relacionan la distribución de los triatominos con variables ambientales se han incrementado en los últimos años, mientras que los trabajos realizados en relación a las especies que habitan en Argentina son realmente escasos. En función de lo anteriormente descripto, en esta tesis doctoral se planteó predecir la potencial expansión o contracción geográfica de todas las especies de triatominos en Argentina como resultado del cambio climático global.

A lo largo de esta tesis se pueden observar diferentes mapas de las “especies domesticas-peridomésticas” o “especies silvestres” de triatomos basados en los cambios en la adecuabilidad climática, como también en las predicciones de los cambios en las distribuciones geográficas realizados en base a variables bioclimáticas (BioClim) utilizando el software MaxEnt.

Las variables macroclimáticas relacionadas con la temperatura fueron importantes predictoras de la adecuabilidad climática para todas la “especies domésticas-peridomésticas”, siendo la estacionalidad de la temperatura (bio4) la variable con mayor contribución a los modelos finales, seguida por la temperatura mínima del mes más frío (bio6). Tal vez la temperatura mínima del mes más frío sería la variable que podría influir en la distribución geográfica potencial de *T. infestans*, limitando su distribución en las zonas más frías de la República Argentina. En cambio, la adecuabilidad climática en las “especies silvestres” estuvo relacionada tanto con las variables asociadas a las temperaturas como a las precipitaciones. El 80% de la “especies silvestres” mostraron que las variables asociadas a las temperaturas tuvieron un mayor porcentaje de contribución a la adecuabilidad climática a excepción de *T. breyeri* y *T. rubrovaria*, en las cuales las precipitaciones fueron las variables más significativas en la contribución de los modelos finales. La precipitación media del mes más húmedo (bio13) fue la única variable bioclimática que estuvo presente en las 16 especies analizadas. Los cambios en la adecuabilidad climática siguen un patrón general, indicando un incremento en los márgenes australes en las distribuciones de las 16 especies analizadas, mientras que se observa una marcada reducción en la región del noroeste de nuestro país. Por lo tanto, el aumento en la adecuabilidad para las especies podría señalar un incremento en el potencial riesgo de transmisión de *T. cruzi* en nuevas áreas geográficas, sugiriendo un cambio en la situación epidemiológica bajo los modelos de cambios climáticos futuros. Los cambios en la distribución geográfica muestran que las especies silvestres en su conjunto reducen sus áreas de distribución actual, a excepción de *Ps. coreodes* y *P. guentheri*. Esto indicaría que podría haber una reducción marcada en los ciclos silvestres de transmisión de *T. cruzi*, ya que *Ps. coreodes* y *P. guentheri* no son

especies de importancia epidemiológica. Dentro de los “especies domesticas-peridomésticas” se observa una reducción en la futura distribución de las especies *P. megistus*, *P. rufotuberculatus* y *T. garciabesi*. Por el contrario, las especies con mayor importancia epidemiológicas (*T. guasayana*, *T. infestans*, *T. platensis* y *T. sordida*) incrementarían considerablemente sus distribución geográficas hacia diferentes regiones de nuestro país. De acuerdo a nuestros resultados se podría concluir que los riesgos epidemiológicos en un futuro se mantendrían en las regiones altamente endémicas para la enfermedad de Chagas. Por otro lado, si los vectores principales se desplazaran hacia el sur de sus distribuciones actuales, esto podría cambiar notablemente los mapas epidemiológicos de la República Argentina.

Este trabajo representa el estudio más amplio y completo en relación a la adecuabilidad y a los cambios en la distribución respecto a modelos de cambio climático global de todas las especies de triatomíneos de Argentina.

1.2 ABSTRACT

The World Health Organization ranked the Chagas disease as one of the seventeen Tropical Neglected Diseases of the World, one of the greatest vector diseases of Latin America. Among 7 to 8 million people suffer its consequences and 120 million are at risk. In Argentina it is one of the most important health problems affecting about 1.6 million people. While at present, the vector pathway remains the main route of transmission of *T. cruzi* in Latin America, increasing cases have been detected in recent decades on different continents, as results of the population mobility, in particularly migration and blood transfusions, transplants and Chagas congenitally acquired.

In South America, most of the triatomine species are sylvatic and only a small percentage invades peridomestic or domestic areas, acting as main vectors of *T. cruzi*. In Argentina there are 2 of the 5 tribes (Rhodniini and Triatomini) and 3 of the 15 genera (*Psammolestes*, *Panstrongylus* and *Triatoma*) of triatomines. So far, 17 species of triatomine have been reported: *Psammolestes coreodes*, *Panstrongylus megistus*, *P. guentheri*, *P. geniculatus*, *P. rufotuberculatus* and *Triatoma breyeri*, *T. delpontei*, *T. eratyrusiformis*, *T. garciabesi*, *T. guasayana*, *T. infestans*, *T. limai*, *T. platensis*, *T. patagonica*, *T. sordida*, *T. rubrovaria* and *T. rubrofasciata*. Sylvatic, peridomestic and domestic microhabitats become valuable (habitat range from 0 to 4100 m.a.s.l., absolute temperatures lower than -10° C and maximum above 40° C and average annual rainfall from 0.5 up to 2910 mm) because they provide shelter to develop and survive; without them these triatomines would hardly survive in these extreme conditions of temperatures and drying degree.

The first of the aims of this thesis was to estimate, based on the temperature and relative humidity, the characteristic bioclimatic parameters of domestic, peridomestic, and sylvatic microhabitats.

Five data loggers sensors were used in order to obtain microclimatic variables data every 35 minutes during one year in the provinces of Chaco and

Córdoba, Argentina, two ecoregions with distinct macroclimatic conditions (Chaco Seco and Espinal), respectively. In both provinces, the domiciliary area was the only microhabitat that mitigated outdoor maximum absolute temperatures and minimum relative humidity. While sensors placed in peridomiciliary areas were protected, these materials failed to dampen external environmental conditions. Therefore, the triatomine species that inhabit the peridomiciliary in both provinces, would be exposed to the most severe weather conditions, having to endure similar extreme temperatures as in environmental conditions. Sylvatic microhabitats in both provinces behaved in a similar way to environmental control conditions, except in Psittacidae nest in the province of Córdoba, which eased the daily average temperatures in the hottest hours and higher temperatures kept overnight in the spring and summer, showing a similar pattern to the domiciliary microhabitat.

During this work, for the first time, temperature and relative humidity data in sylvatic habitats in the province of Chaco are obtained and analyzed, as well as in all microhabitats in Córdoba province.

The insects are able to survive within a certain range of temperature and relative humidity that allow them to perform basic activities. Minimum and maximum threshold temperature (T_{\min} and T_{\max}) with certain ranges of relative humidity, determine the appropriate conditions of triatomines development. The present work determined values of $T_{\min} \geq 15^{\circ}\text{C}$ and $T_{\max} \leq 40^{\circ}\text{C}$; relative humidities were classified into: Favorable Period (less than 20% RH), Tolerable Period (20-80% RH) and Unfavorable Period (greater than 80% RH). The results obtained in the analysis of the influence of temperature and relative humidity thresholds, indicate that the maximum threshold temperature exerts a negative influence on triatomines in the province of Chaco during the summer months. Temperatures above 40°C in the domiciliary, peridomiciliary and sylvatic (Psittacidae nest) microhabitats were relatively low compared with the amount of favorable hours during the months of December, January and February. On the other hand, although the Psittacidae nests behaved in a similar way to the control, in the

Furnariidae nests, temperatures above the threshold were recorded in December and January. In Córdoba, the data logger sensors placed in the domiciliary, peridomiciliary and Psittacidae nest did not record temperatures above 40 °C. As in the province of Chaco, the Furnariidae nests were the only microhabitat where temperatures above the threshold could have a negative effect on the permanence of triatomines. Our results show that in the province of Chaco, where a large percentage of hours with relative humidity lesser than 20% would be expected, these values are actually low or null in most months of the year. Therefore, the macroclimatic and microclimate conditions that can withstand the triatomine, in the province of Chaco and Córdoba, largely differ with the optimal relative humidity established by other authors. Mean monthly relative humidity of microhabitats in both provinces show values between 50% in the summer months and 80% in the winter ones. These results are consistent with the rearing conditions of triatomines in insectaries, and may contribute to the maintenance of colonies of several triatomine species.

The geographical distribution of triatomine species is related to bio-climatic factors such as temperature, precipitation, humidity, and trophically associated vertebrate species. In recent years, data that relate distribution of triatomines with environmental variables have been increased, however, information about species from Argentina is really scarce.

Based on the above described, this thesis aims to predict the potential geographic expansion or contraction of all triatomine species in Argentina as a result of global climate change.

Different maps for "domestic-peridomestic" and "sylvatic" species of triatomines were built based on climatic suitability changes as predictions of changes in geographic distributions using Maxent software. The macroclimatic temperature-related variables were significant predictors of climatic suitability for all the "domiciliary-peridomiciliary species", with the seasonality of temperature (bio4), the variable with the greatest contribution to the final models, followed by the minimum temperature of the coolest month (bio6). Perhaps, the minimum

temperature of the coldest month would be the variable that could influence the potential geographic distribution of *T. infestans*, limiting their distribution to the coldest areas of Argentina. Instead, climate suitability in "sylvatic species" was related both, to the variables associated with the temperatures and the precipitations. Temperature-associated variables had a greater contribution to climate suitability in the 80% of the "sylvatic species" except for *T. breyeri* and *T. rubrovaria*, where rainfall was the most significant variable in contribution of the final models. The average rainfall of the wettest month (bio13) was the only bioclimatic variable that was present at the 16 species analyzed. Changes in climate suitability follow a general pattern, indicating an increase in the southern margins in the distributions of the 16 species studied, while a marked reduction is observed in the northwest region of our country. Therefore, the increased suitability for species could lead to an increase in the potential risk of transmission of *T. cruzi* in new geographical areas, suggesting a change in the epidemiological situation under models of future climate change. Changes in the geographical distribution show that sylvatic species could reduce their areas of current distribution, except for *Ps. coreodes* and *P. guentheri*. This would indicate that there could be a marked reduction in sylvatic transmission cycles of *T. cruzi*, as *Ps. coreodes* and *P. guentheri* are not species with epidemiological significance. Among the "domiciliary-peridomiciliary species" a reduction is observed in the future distribution of the species *P. megistus*, *P. rufotuberculatus* and *T. garciabesi*. By contrast, species with greater epidemiological importance (*T. guasayana*, *T. infestans*, *T. platensis* and *T. sordida*) significantly increase their geographical distribution to different regions of our country.

According to our results, it can be concluded that epidemiological risks in the future would remain in highly endemic areas for Chagas disease. On the other hand, if vectors moved southwards from their current distributions the epidemiological maps of Argentina could significantly change.

This work represents the largest and most comprehensive study related to the suitability and the changes in the distribution with respect to models of global climate change in all Argentinean triatomine species until present.

2 CAPÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

2.1.1 Tripanosomiasis americana

La enfermedad de Chagas o Tripanosomiasis americana lleva el nombre del médico brasileño Carlos Chagas. Es una infección parasitaria hemática e hística causada por un protozoo flagelado llamado *Trypanosoma cruzi*. La Organización Mundial de la Salud catalogó a la enfermedad de Chagas como una de las 17 Enfermedades Tropicales Desatendidas del mundo y como uno de los mayores flagelos de América Latina, estimando que entre 7 y 8 millones de personas sufren sus consecuencias y 120 millones están en riesgo de infección en 21 países: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Guayana Francesa, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela (WHO, 2010, 2013). Se estima que es una de las principales causas de muerte por enfermedades parasitarias (Peck, 2009) y según los datos de la Organización Mundial de la Salud, en el 2008 esta enfermedad causó la muerte a más de 10.000 personas (WHO, 2010). En Argentina es el problema sanitario más relevante afectando alrededor de 1,6 millones de personas (OPS, 2006) (Figura 2-1).

Si bien la enfermedad de Chagas es endémica de América Latina, extendiéndose desde el paralelo 40° de latitud norte (en el sur de Estados Unidos de América) al paralelo 45° de latitud sur en Argentina y Chile (Hayes y Schofield, 1990), en las últimas décadas se han detectado cada vez más casos en otros países no endémicos como Canadá, Australia, Japón y varios países de Europa. La presencia de la enfermedad en dichos países es el resultado de la movilidad de la población, en particular la migración y producto de las transfusiones sanguíneas, los trasplantes y la vía congénita sin un buen tamizaje por parte de los organismos públicos (WHO, 2010, 2013).

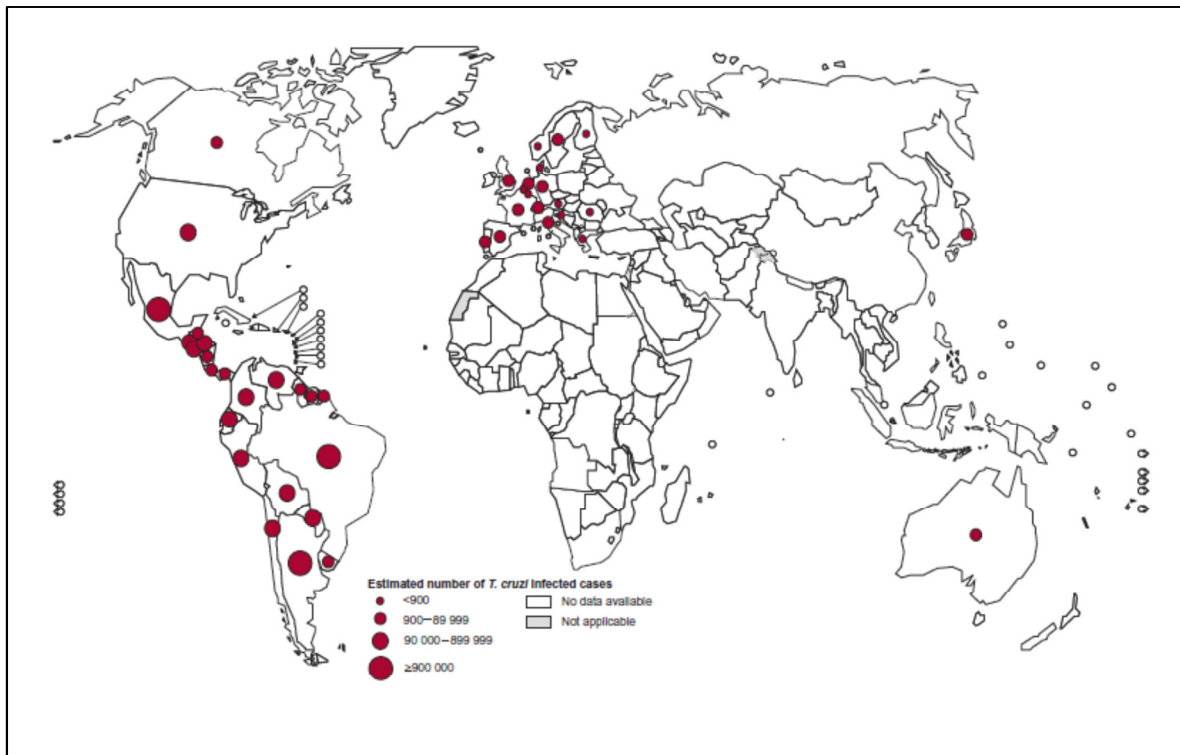


Figura 2-1 Distribución de casos de infección por *T. cruzi* basado en estimaciones oficiales y el estado de la transmisión del vector a nivel mundial. Fuente: World Health Organization (2013).

2.1.2 Mecanismos de infección de *T. cruzi* en humanos

Existen muchas clasificaciones acerca de los mecanismos de infección de *T. cruzi* en humanos. Rodrigues Coura et al. (2007), proponen que existen mecanismos o vías principales y vías secundarias de infección.

Entre los mecanismos principales se encuentran:

a) Vía vectorial: es la transmisión indirecta, ya que las formas infectantes entran al hombre a través de heridas en la piel o de las mucosas, vehiculizadas por las deyecciones de los vectores.

b) Vía transfusional: en este caso, la sangre del dador infectado es incorporada en forma directa al torrente sanguíneo del receptor sano.

c) Vía oral: es el caso menos probable, mediante el cual se ingieren alimentos o bebidas contaminados con *T. cruzi* ya sea por las deyecciones de vectores infectados o por la trituración completa de los mismos.

d) Vía transplacentaria o congénita: la madre infectada con *T. cruzi* puede en determinadas condiciones (alrededor del 30% de los casos), infectar al hijo durante la gestación o en el momento del parto.

Como mecanismos secundarios se pueden dar:

e) Accidentes de laboratorio, manejo de animales infectados, transplantes de órganos, vía sexual (en caso de lesiones y sangrado) y leche materna (en caso de sangrado de los pezones de la madre lactante). Todos estos mecanismos ocurren en muy bajos porcentajes, siendo raros o esporádicos debido a que se presentan bajo determinadas características o condiciones (Rojas de Arias, 2007).

En la actualidad la vía vectorial sigue siendo la principal vía de transmisión de *T. cruzi* en América Latina, por lo que la infección tripanosómica depende de la convergencia, en determinado tiempo y lugar, del agente etiológico, del insecto vector, del hospedero animal o humano y del individuo susceptible, todo dentro de un contexto geográfico favorable y de un conjunto de factores sociales, económicos y culturales. Estos factores deben permitir en forma óptima la nidificación, alimentación y reproducción de los vectores y de los reservorios. Este conjunto de circunstancias son definidos como factores de probabilidad de infección (Rabinovich, 1973). En los últimos años, otras vías de infección como la congénita y la transfusional han tomado mayor relevancia debido a las migraciones desde las poblaciones rurales hacia las grandes ciudades como hacia otros continentes. En los países de Europa, durante años no se han realizado los tamizajes debidos de los bancos de sangre ni el control de las embarazadas y los niños recién nacidos, produciéndose centenares de nuevos casos en países como España, Francia y Portugal, entre otros (Sanmartino et al., 2015, WHO, 2015).

2.1.3 *Trypanosoma cruzi*: clasificación taxonómica y ciclo de vida

En 1911, Carlos Chagas describió una nueva enfermedad provocada por un protozooario flagelado, al que clasificó como *Trypanosoma cruzi*. De esta manera, por primera vez en la historia, Chagas reconoció una enfermedad parasitaria como una entidad clínica, identificando su agente etiológico y al insecto vector (Chagas, 1911). *Trypanosoma cruzi* pertenece a la súper clase Zoomastigophorea, orden Kinetoplastida, familia Tripanosomatidae, género *Trypanosoma*, subgénero *Schyzotripanum*, sección Stercoraria (Figura 2-2). Estos parásitos, se caracterizan por tener un tamaño de 12 a 20 μm , el cuerpo alargado con el extremo posterior corto y puntiagudo, un solo flagelo y una sola mitocondria. Una red compacta y compleja denominada kinetoplasto se sitúa en el extremo posterior del cuerpo (Cortez et al., 2007). Este parásito es capaz de infectar a varias especies de huéspedes mamíferos y potencialmente a todas las especies de triatominos (vectores de la enfermedad de Chagas), alternándose entre uno y otro huésped en un ciclo heteroxeno.



Figura 2-2 *Trypanosoma cruzi*, parásito de la enfermedad de Chagas. M.O. Tomada del Dr. Myron G. Schultz.

El ciclo de vida de *T. cruzi* entre el hombre y los triatomíneos, comienza cuando un insecto hematófago infectado pica a un ser humano y defeca (Figura 2-3). Los tripomastigotes metacíclicos se transmiten a través de las heces e ingresan al huésped cuando el mismo desliza las heces hacia la herida o las membranas mucosas. Una vez dentro, los parásitos se diseminan por el torrente sanguíneo alcanzando preferentemente el corazón, músculos, sistema nervioso, aparato digestivo y/o sistema reticuloendotelial. En estos tejidos, se reproducen por fisión binaria, se multiplican rápidamente, pasando luego de una forma flagelada a una no flagelada, denominada amastigotes, formándose verdaderos nidos o pseudoquistes (de Lana y Tafuri, 2005). Luego de aproximadamente diez duplicaciones, el amastigote se convierte en tripomastigote y la célula se rompe, liberándose al torrente sanguíneo e invadiendo otras células del organismo hospedador, repitiéndose el ciclo de multiplicación. Si bien el número de parásitos circulantes se verán limitados por la respuesta inmune del huésped, esta respuesta será incapaz de erradicarlo (Storino, 2010). El ciclo de *T. cruzi* prosigue cuando un triatómino, libre de infección se contamina al alimentarse de mamíferos o del hombre parasitado. Los parásitos circulantes ingeridos se transforman en esferomastigotes en el estómago del insecto y luego se diferenciarán a epimastigotes que se multiplicarán a lo largo del tubo digestivo hacia la ampolla rectal, y es ahí donde adquirirán la forma de tripanosomas metacíclicos. Cuando el triatómino parasitado elimine con las heces los tripanosomas infectantes, se reiniciará el ciclo evolutivo natural de la enfermedad (Storino, 2010).

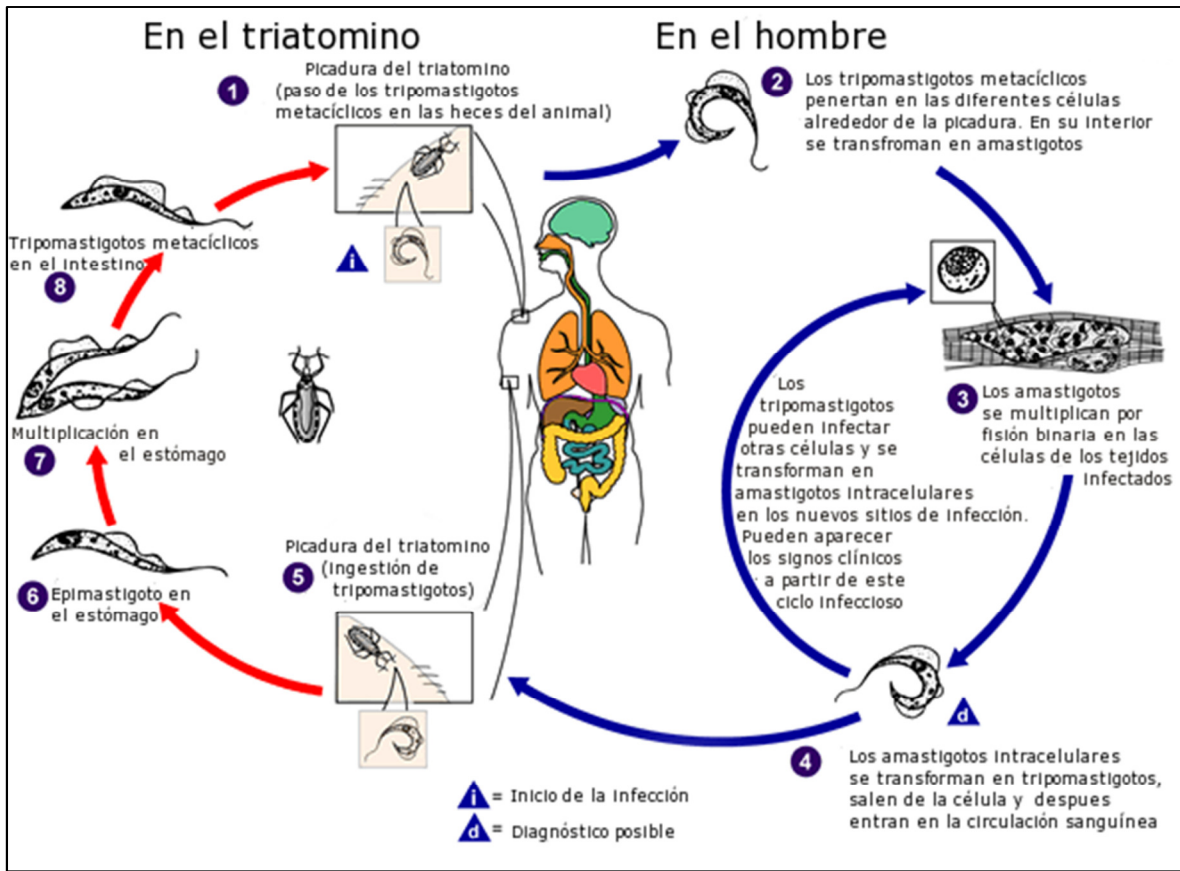


Figura 2-3 Ciclo de *T. cruzi* en el triatomo y en el hombre.

Fuente: http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/ImageLibrary/TrypanosomiasisAmerican_il.htm

2.1.4 Características clínicas de la enfermedad de Chagas

En el hombre, la enfermedad cursa tres periodos evolutivos (Dias, 1995). Muchos autores proponen que en la gran mayoría de los casos, después de un período de incubación proviene la fase aguda de la enfermedad, luego una fase crónica que puede permanecer indeterminada o evolucionar hacia las formas crónicas definidas, cardíacas y/o digestiva, afectando sobre todo al esófago y/o colon (Segura et al., 2000, Lorca, 2001, Prata, 2001, Gascon et al., 2007, Rodrigues Coura et al., 2007, Rassi et al., 2010, Storino, 2010).

-Período primario o fase aguda: período durante el cual los parásitos se pueden encontrar fácilmente en la sangre, es decir, se evidencia una alta

parasitemia. Muchas personas, especialmente los adultos, son asintomáticas durante esta etapa. Los síntomas de la fase aguda son sumamente variables y pueden incluir fiebre, dolor de cabeza, anorexia, malestar, mialgia, dolor en las articulaciones, debilidad, náuseas, vómitos, diarrea, entre otros. En ocasiones, se observa un chagoma (endurecimiento localizado indoloro) en el lugar de la piel por donde el parásito ha ingresado. Si el ingreso se produce a través de las membranas mucosas oculares, se puede producir un edema indoloro de uno u ocasionalmente ambos ojos, con frecuencia acompañado de conjuntivitis y aumento de tamaño de los ganglios linfáticos locales. Este síndrome, que también se denomina signo de Romaña, generalmente persiste durante 1 ó 2 meses. En la mayoría de los casos, los signos clínicos se mejoran en semanas o meses sin tratamiento; sin embargo, algunos casos agudos pueden ser mortales principalmente en niños pequeños y pacientes que están inmunodeprimidos (por ej., personas infectadas con VIH), que pueden desarrollar miocarditis aguda o meningoencefalitis.

-Período secundario intermedio, inaparente, latente o crónico indeterminado: caracterizado por la disminución de la parasitemia, atenuación e incluso desaparición de los síntomas. La mayoría de las veces pasa inadvertida. Este período puede durar 30 años, calculándose que entre el 15 y el 40 % de los pacientes (de acuerdo a los diferentes autores) desarrollarán la etapa crónica siguiente, con lesiones irreversibles. El resto, permanecerá en forma crónica indeterminada o latente durante toda la vida sin presentar síntomas o lesiones en ninguno de sus órganos.

-Período terciario o crónico determinado o fase crónica: está generalmente representada por insuficiencia orgánica, generalmente del corazón o del sistema digestivo. Las cardiopatías son la forma crónica más frecuente de la enfermedad de Chagas, se caracterizan por arritmias, insuficiencia cardíaca, llegando en los casos extremos a la muerte súbita. Las anomalías del sistema digestivo pueden causar megaesófago o megacolon, que pueden producirse de manera consecuente con la cardiopatía.

Cabe destacar que el Ministerio de Salud de la Nación resalta en su guía para el tratamiento de pacientes con Chagas, que esta enfermedad evoluciona en dos fases: aguda y crónica; cada una de ellas con características clínicas, criterios diagnósticos y terapéuticos diferentes, mencionados anteriormente (Min. Salud de la Nación, 2012).

2.1.5 **Vectores**

Los insectos vectores que albergan al parásito que causa la enfermedad de Chagas se llaman vulgarmente en Argentina “vinchucas” (del vocablo quechua winchuka, cuyo significado es dejarse caer), pertenecen al Orden Hemíptera, Infraorden Cimicomorpha, Superfamilia Reduvidioidea, Familia Reduviidae, Subfamilia Triatominae (Grimaldi y Engel, 2005).

Los triatominos son insectos exopterigotas ya que los esbozos de las alas constituyen brotes externos del tórax durante los estadios ninfales, y en su desarrollo se evidencian solamente dos estadios similares entre sí, el de ninfa y el de imago (adulto). También son llamados insectos hemimetábolos debido a que su metamorfosis es incompleta (Azambuja y Garcia, 1997).

Su ciclo de vida comienza con un huevo de color rosado a grisáceo, del cual emerge por un pequeño opérculo una ninfa. Las vinchucas poseen cinco estadios ninfales. En cada estadio, generalmente luego de la ingesta de sangre y en dependencia del estado de desarrollo del insecto, temperatura ambiente y fuente de alimento, ocurre la sustitución del exoesqueleto viejo por uno nuevo en un proceso denominado muda o ecdisis, permitiendo el crecimiento corporal del insecto. La metamorfosis culmina cuando las ninfas sufren transformaciones morfológicas incompletas y adquieren las características del adulto (Figura 2-4). Todos los estadios ninfales y el adulto son hematófagos, y la sangre funciona como agente regulador de los procesos metabólicos. En condiciones controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), humedad relativa ($40 \pm 5\%$) y fotoperiodo (12:12 luz-oscuridad) el tiempo generacional (es decir, de huevo a huevo) tarda desde varias semanas hasta 6 meses, dependiendo de la especie.

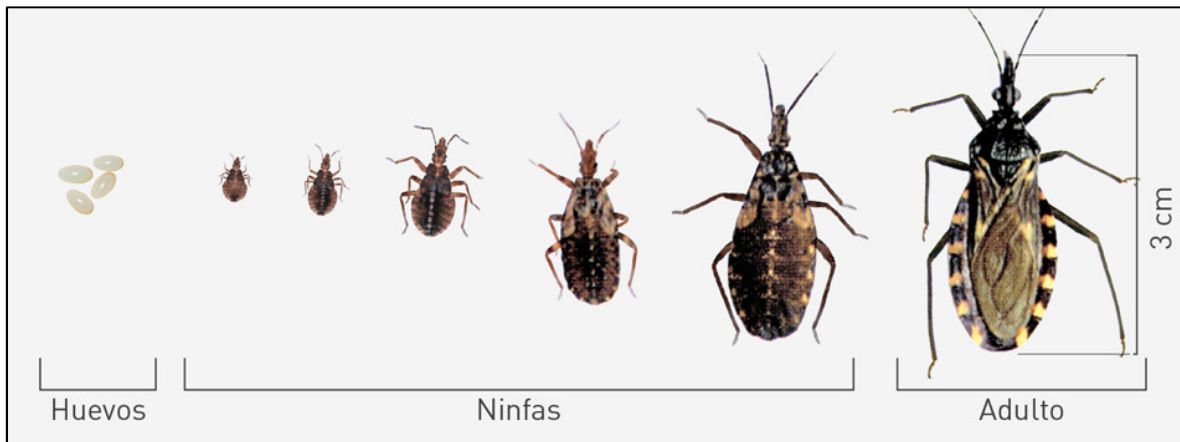


Figura 2-4 Ciclo de vida de *T. infestans*. Marti G, Sanmartino M. 2008. Guía básica para el control vectorial. Ministerio de Salud Presidencia de la Nación. Programa Federal de Chagas.

La clasificación de la subfamilia Triatominae se ha realizado fundamentalmente en base a diversos caracteres morfológicos (Lent y Wigodzinsky, 1979). Dentro de la subfamilia hoy se reconocen 148 especies agrupadas en 5 tribus y 15 géneros (Schofield y Galvão, 2009, Galvão y Gurgel-Gonçalves, 2014, Galvão y Justi, 2015), todas ellas consideradas potenciales vectores de la enfermedad de Chagas (Galvão et al., 2003). En Argentina solo se encuentran dos de las cinco tribus (Rhodniini y Triatomini) y tres de los 15 géneros (*Psammolestes*, *Panstrongylus*, y *Triatoma*).

La mayoría de las especies de triatominos son silvestres, sólo un pequeño porcentaje invade los peridomicilios y domicilios, siendo estos los principales vectores de *T. cruzi* en Sudamérica. Solamente siete especies (*Rhodnius prolixus*, *R. pallenscens*, *Panstrongylus megitus*, *Triatoma infestans*, *T. brasiliensis*, *T. dimidiata* y *T. sordida*) pertenecientes a tres géneros (*Panstrongylus*, *Rhodnius* y *Triatoma*) producen alrededor del 80% de los casos vectoriales en toda América Latina (Guhl, 2007).

Como generalidades se pueden atribuir preferencias de hábitat y de huésped para los diferentes géneros; por ejemplo, en el género *Panstrongylus* se observan marcadas preferencias de hábitat en madrigueras y árboles y su

alimentación es principalmente en armadillos y marsupiales; las especies del género *Psmmolestes* solo se han hallado en nidos de aves de la familia Furnaridae y las especies del género *Triatoma* habitan comúnmente rocas, alimentándose principalmente de roedores y primates. Por supuesto que existen muchas excepciones a la regla, pero en su conjunto se comportan de esta manera (Gaunt y Miles, 2000) (Figura 2-5).

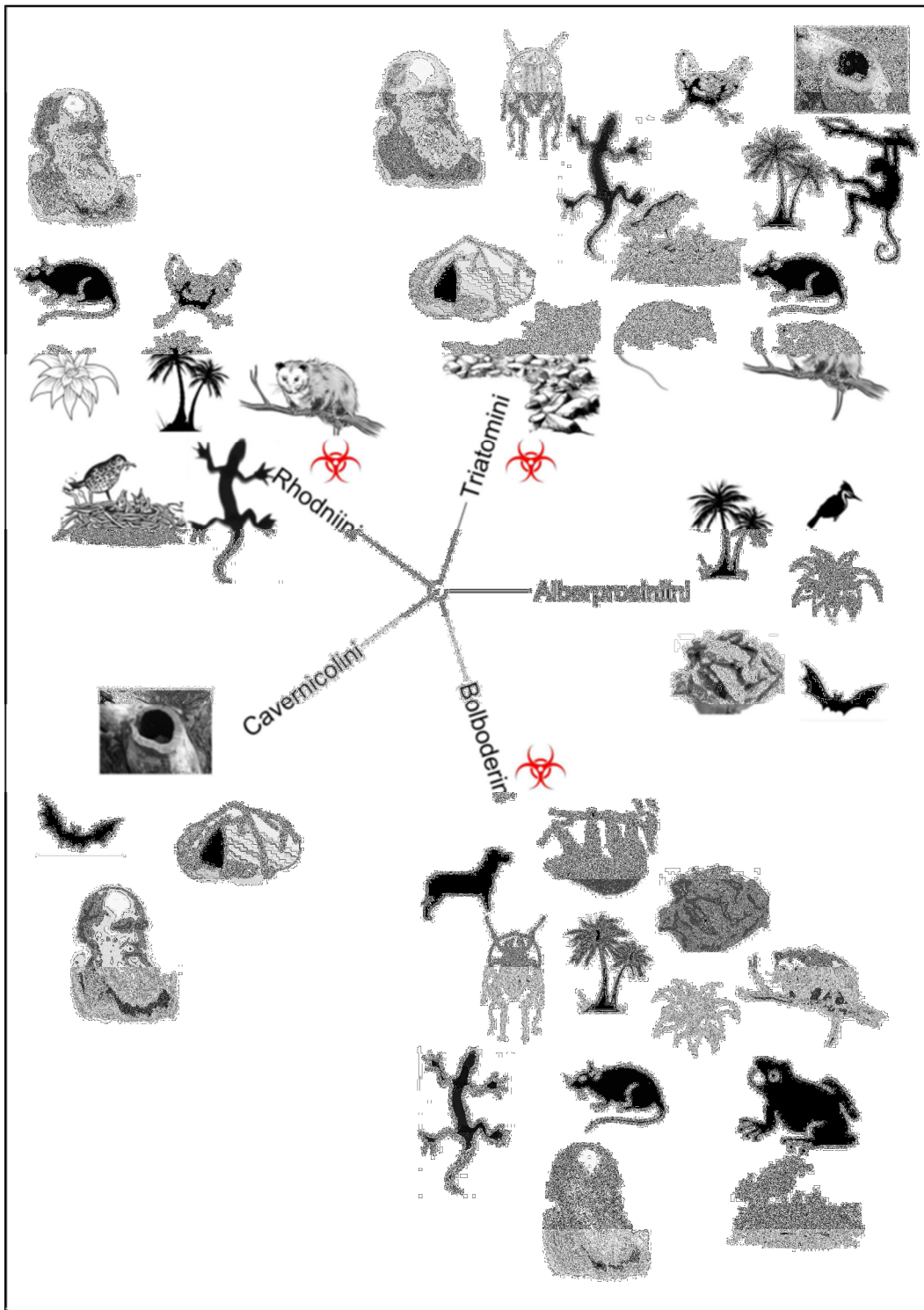


Figura 2-5 Representación esquemática de los hospedadores y hábitats más comunes de las tribus de Triatominae. La señal de peligro biológico indica que los representantes de la tribu se han encontrado naturalmente infectados con *T. cruzi*.

2.1.6 Programas de control para la erradicación del vector

“En la actualidad, no existe una vacuna contra el agente causal de la enfermedad y los medicamentos existentes son parcialmente eficaces, y presentan severos efectos secundarios en el humano. Por lo tanto, el único medio de disminución de la enfermedad utilizado hasta el momento es el control químico de las poblaciones de triatominos (Guhl, 2009)”.

En Argentina, los programas de erradicación de *T. infestans* (especie principalmente domiciliaria) comenzaron en la década de 1950 cuando se crea el Servicio Nacional de Profilaxis y Lucha contra la Enfermedad de Chagas (SNPLECh), con el objetivo de intensificar los trabajos de investigación sobre la incidencia de la enfermedad de Chagas en las diversas regiones del país, conocer los índices de infestación por triatominos y pretender su eliminación (Zaidemberg et al., 2004). En 1972, el Programa de Control incorpora un total de 19 estados provinciales endémicos, con una estrategia vertical, que por su metodología tuvo un impacto manifiesto, pero carecieron de continuidad por múltiples dificultades administrativas, financieras y logísticas, que no permitieron alcanzar una cobertura total de las viviendas con tratamiento químico. A mediados de la década de 1980, el Instituto Nacional de Investigación de la Enfermedad de Chagas “Dr Mario Fatale Chabén” (INDIECH) y el Servicio Nacional de Chagas diseñaron y ensayaron una metodología de vigilancia continua de la transmisión vectorial de *T. cruzi* ejercida por agentes de la comunidad. Estos agentes debían trabajar coordinadamente bajo la supervisión de sus respectivos programas (Paulone et al., 1991).

En 1991 se crea la Iniciativa del Cono Sur (INCOSUR) cuyos objetivos principales fueron la eliminación de la transmisión de *T. cruzi* a través de transfusiones sanguíneas y la reducción de las poblaciones domésticas de triatominos; involucrando a los Ministros de Salud de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y contó con el apoyo del Programa Especial de Investigaciones y Enseñanza sobre Enfermedades Tropicales de la Organización Mundial de la Salud. A partir de allí se implementa en Argentina el Programa

Ramón Carrillo, que ha alcanzado grandes logros debido a la aplicación de insecticida en miles de viviendas, una gran vigilancia entomológica en el área vectorial, disminuyendo notablemente la tasa de infestación/reinfestación intradomiciliaria, capacitación de recursos humanos en redes de laboratorios controlando la sangre a transfundir, la de las embarazadas y del recién nacido y realizando el seguimiento adecuado de los pacientes tratados con los medicamentos (Chuit et al., 1992, Segura et al., 1994).

A partir del año 2001 una Comisión Internacional del Cono Sur, evaluó a través de indicadores serológicos y entomológicos, la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* por *T. infestans* en Argentina. Esta comisión realizó un diagnóstico para cada provincia, diferenciando la situación de las 19 provincias endémicas y agrupándolas de la siguiente manera:

GRUPO 1. Provincias con interrupción de la transmisión vectorial, incluyendo a Jujuy, La Pampa, Neuquén y Río Negro.

GRUPO 2. Provincias con transmisión vectorial interrumpida, pendiente de demostración o con transmisión vectorial focal, entre las que figuran Entre Ríos, Salta, Catamarca, Tucumán y Santa Fe.

GRUPO 3. Provincias con transmisión confirmada, con notificación de casos agudos en los últimos años como lo son Santiago del Estero, Formosa, Chaco, La Rioja, Córdoba y San Juan.

GRUPO 4. Provincias con escasa información y/o poco representativa de las áreas endémicas, como en el caso de Misiones, Corrientes, San Luis y Mendoza.

Estas diferentes condiciones de riesgo conllevan la necesidad de programar acciones de control y vigilancia para cada situación en particular. El avance del Programa Nacional de Chagas desde su inicio ha sido muy importante, en términos de organización del programa en todos sus componentes y niveles de prevención, de conocimiento de la problemática en el país y del control. Sin

embargo, la situación en el tercer grupo de la clasificación descripta representa el problema más severo que aún enfrenta la Argentina con respecto a la endemia del Chagas, dado que persiste la transmisión vectorial activa como consecuencia de la discontinuidad en las acciones de control químico de las viviendas y la baja cobertura de vigilancia, debido a falta de prioridad en las políticas públicas de salud y a la escasa percepción del riesgo por parte de las autoridades provinciales.

2.1.7 Distribución de los triatominos en Argentina

Las distribuciones de los triatominos dependen, en tiempo y espacio, de factores bioclimáticos como la temperatura, las precipitaciones, la humedad relativa, el índice de vegetación de diferencia normaliza (NDVI) y la altitud, entre otros (Gorla, 1992, Curto de Casas, 1994, Carcavallo et al., 1999, Medone et al., 2015) y de variables biológicas como la competencia, la densidad, la depredación y las variaciones genéticas (Gaunt y Miles, 2000). También se ven afectadas por factores antropogénicos-socioeconómicos como la expansión de la frontera agrícola, la gran deforestación de las áreas naturales, la migración de las personas a las grandes ciudades, las campañas de erradicación del vectores por parte de los organismos públicos, el mejoramiento de las viviendas en las áreas endémicas y los programas de educación, entre otras (Gürtler, 1999, Días, 2001, Sanmartino et al., 2015).

En Argentina han sido citadas 17 especies de triatominos pertenecientes a tres géneros: *Psammolestes coreodes*, *Panstrongylus* (*megistus*, *guentheri*, *geniculatus*, *rufotuberculatus*) y *Triatoma* (*breyeri*, *delpontei*, *eratyrsiformis*, *garciabesi*, *guasayana*, *infestans*, *limai*, *platensis*, *patagonica*, *sordida*, *rubrovaria*, *rubrofasciata*). Algunas de ellas poseían una amplia distribución, extendiéndose hasta países limítrofes como Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, incluso llegando hasta el sur de Perú; mientras que otras especies parecen ser endémicas de Argentina, con registro principalmente en las ecorregiones de Chaco, Monte y Espinal (Carcavallo et al., 1999).

Luego de las campañas de erradicación, las distribuciones de las especies (principalmente domiciliarias) han modificado notablemente sus rangos de distribución (Guhl, 2007, Hashimoto y Schofield, 2012). En la actualidad en Argentina no se poseen mapas de las distribuciones potenciales de las especies de triatominos, ya que la información acerca de la biología, ecología y puntos de presencia de muchas especies es realmente escasa o incluso nula.

2.2 ANTECEDENTES

Triatoma infestans es el principal vector de la enfermedad de Chagas en el sur de Sudamérica (Gorla, 1992, Gutler, 1999, Cecere et al., 2004). En la década de 1960-1970 ocupaba desde la provincia de Rio Negro en el sur de Argentina, Bolivia, centro-este de Brasil, Chile, Paraguay, sur de Perú y norte de Uruguay (Carcavallo et al., 1999). En nuestro país, es hallada en zonas desérticas o semidesérticas, siendo esporádica su aparición en regiones más húmedas. Las provincias que presentan una importante infestación domiciliaria por este vector son Chaco, Catamarca, Formosa, Santiago del Estero, San Juan y Mendoza, y en menor medida Córdoba, Corrientes, La Rioja, Salta, y Tucumán (Ministerio de Salud, Programa Nacional de Chagas, 2015). *Triatoma infestans*, es una especie que habita casi exclusivamente el domicilio o peridomicilio debido a su especialización evolutiva en la estabilidad del hábitat (Lauricella et al., 2005, Galvao y Justi, 2015). Sin embargo, en los últimos años se han citado poblaciones silvestres en Argentina, Bolivia, Chile y Paraguay (Noireau et al., 2000, Ceballos et al., 2009, Bacigalupo et al., 2010, Buitrago et al., 2010, Ceballos et al., 2011, Rolón et al., 2011, Waleckx et al., 2012, Marti et al., 2014). Estos focos silvestres abren nuevos interrogantes, debido a que a pesar de existir resultados concretos en varios estudios es difícil afirmar si la reinfestación de los domicilios/peridomicilios tratados con insecticidas se debe a subpoblaciones residuales y/o resistentes o a la colonización desde los focos silvestres (Cecere et al., 2004, Dujardin et al., 2007, Vazquez-Prokopec et al., 2009, Ceballos et al., 2011).

En otros países se ha observado que al eliminar al vector principal de la enfermedad de Chagas, las especies secundarias peridomiciliarias o silvestres han colonizado este nicho, como por ejemplo *Triatoma brasiliensis* en el Noroeste de Brasil (Lorenzo et al., 2000), *T. rubrovaria* en Uruguay (Rosa y Salvatella, 1995) y *T. guasayana* en Paraguay (Vazquez-Prokopec et al., 2005). En Argentina, varias especies de triatomíneos podrían convertirse en vectores secundarios de *T. cruzi*, durante o después de la eliminación de *T. infestans* de los domicilios como resultado del tratamiento con insecticidas piretroides (Carcavallo y Martínez, 1985, Gürtler et al., 1999, Noireau et al., 1999, Cecere et al., 2002, Noireau, 2009). Entre ellas, *T. sordida*, *T. guasayana* y *T. garciabesi* serían las que poseen mayores probabilidades de colonización ya que se encuentran asociadas al hábitat peridomiciliario y comúnmente invaden las viviendas (Wisnivesky-Colli et al., 1993, Wisnivesky-Colli, 1994, Gajate et al., 1995, 1996, Gürtler et al., 1999, Canale et al., 2000, Vazquez-Prokopec et al., 2005, Bar et al., 2010)

Los rangos de distribución de los triatomíneos abarcan desde 0 hasta los 4100 m.s.n.m, con temperaturas mínimas absolutas inferiores a los -10 °C y máximas absolutas superiores a los 40 °C y precipitaciones medias anuales desde los 0.5 hasta los 2910 mm (Curto de Casas et al., 1994, Carcavallo et al., 1995, 1999). Estas temperaturas y grado de desecación harían casi imposible la supervivencia de estos insectos en estas condiciones. Sin embargo, los microhábitats silvestres, peridomiciliarios y domiciliarios amortiguan estas condiciones extremas, proporcionando refugios donde desarrollarse y sobrevivir. Varios autores han realizado descripciones generales sobre los microhábitats donde se encuentran los triatomíneos (Zeledón y Rabinovich, 1981, Rabinovich, 1985, Vezzani et al., 2001), pero solo en algunos de ellos se han registrado las variaciones de temperatura y humedad relativa. Sólo existen en la bibliografía estudios realizados en palmeras en Venezuela para *R. prolixus* (Pifano, 1973); domicilios, peridomicilios y pedregales para *T. brasiliensis* en Brasil (Lorenzo et al., 2000); domicilios, peridomicilios y ambientes silvestres para *R. prolixus* en Venezuela (Rabinovich, 1985, Heger et al., 2006). Los estudios realizados en Argentina hasta el presente se restringen solamente al de Vazquez-Prokopec et al.

(2002) en *T. infestans* en domicilios y peridomicilios en Amamá, en la provincia de Santiago del Estero.

Estimaciones sobre el posible aumento de temperatura, debido a los cambios climáticos globales, estiman un incremento a nivel mundial de la temperatura media en 5° C para el año 2100, y predicen en Argentina aumentos en todo el país con valores medios anuales de temperatura mayores a 6° C en las regiones del Norte y hasta más de 3° C en la Patagonia austral, con marcados aumentos en las temperaturas máximas y mínimas (IPCC, 2007, Nuñez, 2007, Nuñez et al., 2009). Los aumentos en las precipitaciones se proyectan para verano y otoño, y a nivel mensual los mayores aumentos se proyectan para Febrero, Marzo, Abril, Noviembre y Diciembre. A nivel anual, los máximos aumentos alcanzan a 200 mm para la Pampa Húmeda y el Noroeste del país, extendiéndose esta tendencia positiva hacia el Sur incluyendo la provincia de Neuquén. Las tendencias negativas indicando pérdidas en la lluvia se proyectan principalmente para la estación invernal, abarcando el centro y norte del país, Uruguay, la región cordillerana y toda la región chilena, con importantes pérdidas en la precipitación en comparación con los valores actuales (Nuñez, 2007). Estos cambios provocarían que las poblaciones de diferentes especies evidencien procesos de competencia y/o desplazamientos o superposición geográfica. Estos procesos podrían tener más impacto sobre los heterotermos (en este caso los triatominos) que en los homeotermos (como las aves y mamíferos, que son sus hospederos dominantes). A partir de estos elementos, y teniendo en cuenta el conocimiento de los ciclos de vida de las diferentes especies de triatominos, la presente tesis doctoral plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

Las distintas especies de triatominos, como resultado del cambio climático global, evidenciarán procesos de expansión o contracción geográfica, aumentando o reduciendo los riesgos epidemiológicos de la enfermedad de Chagas.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 **Objetivo general**

- Caracterizar las variaciones horarias, diarias, mensuales y estacionales de temperatura y humedad relativa de los microhábitats característicos donde son hallados triatominos en las provincias de Chaco y Córdoba en Argentina y anticipar los posibles riesgos epidemiológicos derivados de cambios en la distribución geográfica como resultado del cambio climático global.

2.3.2 **Objetivos específicos**

- Estimar, en base a la temperatura y la humedad relativa en los microhábitats de los triatominos (domiciliarios, peridomiciliarios y silvestres) en las provincias antes mencionadas, los parámetros bioclimáticos que son característicos de esos microhábitats.
- Predecir la potencial expansión o contracción geográfica de las especies de triatominos en Argentina como resultado del cambio climático global en base a los parámetros bioclimáticos de los microhábitats.
- Relacionar los parámetros bioclimáticos de los microhábitats con sus correspondientes valores macroclimáticos.

3 CAPÍTULO II MICROHÁBITATS Y MICROCLIMAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El conocimiento acerca del uso o selección de hábitat por parte de los organismos es útil para entender los sistemas ecológicos, así como para predecir cambios en la estructura de la población o comunidad (Dunning et al., 1995). Existen muchas definiciones para describir el hábitat o ecotopo, por ejemplo, puede definirse simplemente como el lugar que ocupa una especie (Fretwell y Lucas, 1970). Block y Brennan (1993) y Linnea et al. (1997) proponen que es un área con los recursos y condiciones ambientales que promueven la ocupación de los individuos de una especie dada y que les permite sobrevivir y reproducirse. Tal vez la definición más completa sea la de Morrison et al. (1992) que definen al hábitat como un área con una combinación de recursos (alimento, refugio, agua) y condiciones ambientales (temperatura, precipitaciones, presencia o ausencia de depredadores y competidores) que promueven la ocupación de individuos de una especie dada (o población) y permite a esos individuos sobrevivir y reproducirse.

El uso del hábitat implicaría la manera en la que el animal utiliza los componentes físicos y biológicos de su entorno, mientras que la selección del hábitat es un proceso activo por el cual una especie elige entre los distintos recursos disponibles (Johnson, 1980) y suele describirse como el resultado de un compromiso evolutivo para maximizar la supervivencia y/o el éxito reproductor a lo largo de la vida de un organismo (Krebs y Davis, 1993). La selección de un hábitat está influenciada no sólo por la cantidad y calidad de ambientes o elementos del paisaje, sino también por su disposición, sus posibilidades de uso efectivo y la plasticidad fenotípica de los individuos. La disponibilidad de un recurso o sus posibilidades de uso efectivo estarán afectadas no sólo por las características ambientales, sino también por presiones competitivas, por presencia de depredadores (Edwards et al., 1989) y por la capacidad de los individuos en percibir el ambiente y sus recursos (Hutto, 1985). Dicho proceso implica una serie de decisiones comportamentales innatas y/o aprendidas tomadas por un animal

sobre qué hábitat usar, cuánto y en qué forma (Hutto, 1985). Es un proceso multiescalar, que varía desde el macrohábitat, entendiéndolo como el área total en la que el organismo desarrolla su ciclo vital, al microhábitat, que hace referencia a las características estructurales de la vegetación o del paisaje percibidas por el organismo (Morris, 1987, Traba et al., 2009, Delgado et al., 2010). Así, es necesario definir a qué escalas espaciales y temporales los animales realizan dicha selección para poder generar modelos adecuados que permitan inferir la presencia y la dinámica de las poblaciones a partir de determinadas variables ambientales (Oatway y Morris, 2007). Johnson (1980) reconoció la naturaleza jerárquica de las escalas de medición del hábitat, dada por la selección, preferencia y disponibilidad de los recursos que las especies manifiestan, y resume cuatro procesos de selección de escala de hábitat:

Selección de primer orden. Esta es esencialmente la selección de la gama física o geográfica de una especie.

Selección de segundo orden. Es el área de acción de un individuo o grupo social dentro de su área de distribución geográfica

Selección de tercer orden. Esto se refiere a cómo se utilizan componentes de hábitat dentro del área de acción.

Selección de cuarto orden. En este orden de hábitat, la selección se refiere al espectro de recursos ambientales utilizados o la selección por “micrositios”.

Sobre la base de estos criterios, macrohábitat sería el primer orden de selección mientras que microhábitat sería el segundo, tercero, y/o cuarto nivel jerárquico. Realizando una similitud en la comparación de estas categorías jerárquicas, con los hábitats y microhábitats donde se albergan los triatomíneos, la analogía quedaría representada de la siguiente manera (Tabla 3-1).

Tabla 3-1 Analogía entre la clasificación de Johnson (1980) y los microhábitats analizado en esta tesis.

Johnson (1980)	Domicilio analizado durante este trabajo
Primer orden	Domicilio
Segundo orden	Dormitorio
Tercer orden	Techo o paredes
Cuarto orden	Rajaduras en la pared, escondrijos en el techo

Las condiciones ambientales (macroclima) del hábitat suelen ser muy heterogéneas debido a la gran extensión del mismo y diferentes del microclima de los microhábitats donde los factores extremos se verían atenuados por las características de los refugios (Helmuth et al., 2005, Geiger et al., 2009, Scherrer y Korner, 2010, 2011).

Los factores ambientales (temperatura, humedad y fotoperiodo principalmente) influyen de modo decisivo en los organismos, teniendo efectos muy diversos, desde cambios en el comportamiento (desplazamientos, búsqueda de lugares adecuados, migración) hasta cambios hormonales (regulación de la época reproductiva, estrategias de resistencia a condiciones desfavorables). Los organismos poiquiloterms, entre los que se encuentran los insectos, se caracterizan por el hecho de que la variación de su temperatura interna es una consecuencia de la variación en la temperatura ambiental. Por lo tanto, el factor abiótico más importante para estos seres es la temperatura, que tiene un papel crucial en su distribución, crecimiento y desarrollo (Marshall, 1981, Lazzari, 1991, Dawson et al., 2005, Marshall y Sinclair, 2012). Existen dos temperaturas críticas llamadas temperaturas umbral mínima y máxima (T_{\min} y T_{\max}) que determinan el rango térmico adecuado para el desarrollo y el comportamiento de los insectos (Dixon, 2009). Recientemente, de la Vega et al., (2015) calcularon la temperatura crítica máxima (CT_{\max}) para *T. infestans* en 53.37 °C, temperatura a la cual comienzan los espasmos musculares (Terblanche et al., 2006). Jurberg y Galvão (2006), proponen que una temperatura superior a los 40 °C es letal para la mayoría

de las especies de triatominos. Si bien en el trabajo de de la Vega et al. (2015) no se calculó la temperatura umbral máxima, en la gráfica de los límites térmicos de respirometría para *T. infestans* se observa que a partir de los 40 °C comienza una gran actividad muscular con un rápido incremento en la tasa de producción de CO₂ por parte del insecto (Rabinovich, comunicación personal).

La temperatura umbral mínima, también llamada temperatura de desarrollo cero (por debajo de la cual los huevos no eclosionan, las ninfas no cambian de clase etaria y las hembras generalmente no ponen huevos) ha sido calculada por diferentes autores (Stemp, 1988, Jörg, 1989, Gorla, 1992, Rabinovich et al., 2006). Gorla (1992) propone que bajo condiciones de campo, esta temperatura umbral sería cercana a los 17-18 °C. Sin embargo, experimentos llevados a cabo en laboratorio demuestran que a temperaturas iguales o inferiores a los 15 °C no se produce la eclosión de los huevos o las ninfas no cambian de clase etaria en las especies *R. prolixus*, *T. infestans* y *T. guasayana* (Jörg, 1989, Luz et al., 1999, Rabinovich et al., 2006). En cuanto a las humedades relativas no existe un consenso acerca de cuáles serían los valores adecuados para el desarrollo de los triatominos. Jurberg y Galvão (2006), indican que los rangos de humedad relativa para la mayoría de las especies de triatominos se encuentran entre 30-80%. Además, varios autores indican que *T. infestans* prefiere permanecer en lugares extremadamente secos (RH~ 0%) y que el mayor porcentaje de las mudas y la mayoría de los huevos son depositados en lugares de baja humedad (Lazzari, 1991, Roca y Lazzari, 1994, Lorenzo y Lazzari 1999).

Los triatominos habitan casi todas las regiones biogeográficas (megahábitats) de América desde las latitudes más australes en la estepa patagónica de Argentina hasta el extremo norte de la región Neártica en Estados Unidos de Norte América (Schofield, 1994, Carcavallo et al., 1999). En la bibliografía, los diferentes autores clasifican los hábitats o ecoptopos de estas especies en tres categorías: domicilio, peridomicilio y silvestres, aunque existen amplias diferencias dentro de cada una de ellas debido principalmente a la gran diversidad de materiales, formas, tamaños y estrategias de construcción según las

regiones del continente. Además dentro de cada categoría se evidencian preferencias por determinados microhábitats. De esta manera, se puede observar que dentro del hábitat “domicilio” las mayores densidades de vinchucas se encuentran en el dormitorio, ocultándose en los escondrijos del techo (Ronderos et al., 1981, Gürtler et al., 1992, Cecere et al., 1998, Provecho et al., 2014, Gaspe et al., 2015), lo que podría sugerir que el microhábitat más adecuado dentro del domicilio es el techo de los dormitorios. El peridomicilio incluye las estructuras (gallineros, corrales, etc.) en las cuales se crían gran diversidad de hospederos (gallinas, cerdos, cabras, entre otros). Dentro de estos, los sitios más comunes donde se encuentran las vinchucas son los escondrijos o grietas cercanas a donde descansan y se reproducen los hospederos (corral de cría). Por otro lado, en el ambiente silvestre pareciera existir una marcada preferencia de algunas especies por determinados microhábitats (Carcavallo et al., 1999, Gaunt y Miles, 2000). Por ejemplo, se pueden diferenciar aquellas especies que preferentemente habitan nidos de aves como *T. platensis*, *T. delpontei* y la mayoría de las especies del género *Psmmolestes*, de aquellas que habitan solo dormideros o cuevas de mamíferos como *P. megistus* y casi todas las especies de la Tribu Triatomini con escasas excepciones (Carcavallo et al., 1999, Gaunt y Miles, 2000).

Si bien existen estudios sobre uso de hábitat y microhábitats de algunas especies de triatominos (Rabinovich, 1973, Lorenzo et al., 2000, Vazquez-Prokopec et al., 2002, Heger et al., 2006), estos se han llevado a cabo en otros países de Latinoamérica y se han centrado principalmente en la caracterización de las condiciones microclimáticas de domicilios y peridomicilios. En Argentina, este tipo de análisis solo se restringe al trabajo de Vazquez -Prokpopek et al. (2002) realizado en domicilios y peridomicilios en la localidad de Amama, provincia de Santiago de Estero.

En esta tesis doctoral es la primera vez que se obtienen y analizan las temperaturas y humedades relativas, registradas cada 35 minutos durante un año, en hábitats silvestres de los triatominos en la provincia de Chaco, así como

también, la caracterización y análisis de las variables ambientales en domicilio, peridomicilio y hábitats silvestres en la provincia de Córdoba.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Áreas de estudio

El área de trabajo en las provincias de Chaco y Córdoba en Argentina, pertenece a la gran región biogeográfica Neotropical; Subregión Chaqueña, Provincia del Chaco (Morrone, 2014). La provincia de Chaco fue incluida en esta tesis doctoral debido a que hace más de cinco años que el laboratorio de triatominos del CEPAVE viene realizando trabajos de campo. La selección de la provincia de Córdoba (Ecorregión del Espinal) se realizó sobre la base de la búsqueda de ambientes silvestres conservados o con poca alteración por parte del hombre, y con el fin de obtener las variables bioclimáticas características de una ecorregión diferente al Chaco Seco.

3.2-1.1. Provincia de Chaco, Argentina

El área de muestreo (-27.068 S, -61.596 O; -27.147 S, -61.511 O) se encuentra ubicada dentro de la Ecorregión del Chaco seco Argentino (Burkart et al., 1999) (Figura 3-1), que se extiende desde el la mitad occidental de Formosa y Chaco, la oriental de Salta, casi todo Santiago del Estero, norte de Santa Fe y Córdoba y sectores de Catamarca, La Rioja y San Luis (Cabrera y Willink, 1973, Burkart et al., 1999). Posee un clima cálido subtropical, con precipitaciones anuales de 450 mm y la temperatura media varía entre 13°C y 28°C, con máximas absolutas de 49°C.

El tipo de vegetación predominante es el bosque xerófilo caducifolio, un estrato herbáceo de gramíneas y numerosas cactáceas y bromeliáceas terrestres. Pero hay también palmares, sabanas y estepas arbustivas halófilas (Cabrera y Willink, 1973, Cabrera, 1976, Dinerstein et al., 1995). El paisaje se caracteriza por la presencia de *Schinopsis balansae* (quebracho colorado), por lo general asociados con *Aspidosperma quebracho* (quebracho blanco), *Caesalpinia paraguayensis* (guayacán), *Tabebuia avellanedae* (lapacho), *Cercidium praecox* (brea), *Prosopis kuntzei* (itin), *Zizyphus mistol* (mistol). También aparecen con frecuencia palmares de *Copernicia australis* y colonias de la palmera *Trithinax*

campestris, además de bromelias y opuntias, entre otras (Cabrera y Willink, 1973, Cabrera, 1976, Dinerstein et al., 1995).

Sin embargo, desde hace más de un siglo, esta región enfrenta la pérdida sostenida de su patrimonio natural y cultural a causa del uso no planificado de los recursos. La explotación maderera para distintos usos (tanino, durmientes, madera, postes, carbón) siempre fue realizada bajo una racionalidad minera, sin ningún tipo de control por parte de los organismos públicos. Además, la ganadería bajo monte (principalmente bovina y caprina) padeció la ausencia total de prácticas de manejo, generando procesos generalizados de sobre pastoreo y en algunos casos de desertificación. Otro aspecto importante, es el reemplazo de bosques por pasturas y cultivos. Por este proceso en los últimos veinte años se perdieron más de dos millones de hectáreas de bosques chaqueños en Argentina, lo que representa aproximadamente el 10% de su superficie (The Nature Conservancy, 2005).

La fauna que habita la región es muy extensa y variada, dentro de las mamíferos característicos se encuentran marsupiales (*Didelphis azarae*, *Lutreolina crassicaudata*), el aguará- guazú (*Chrysocyon*), el yaguararé (*Felis onca*), monos (*Alouatta caya*, *Cebus*), roedores (*Holochilus brasiliensis*, *Lagostomus*), corzuelas (*Mazama*) y edentados (*Burmeisteria retusa*, *Tolypeutes matacus*, *Priodontes giganteus*, *Myrmecophaga*). Hay citadas más de 200 especies de aves siendo las más representativas: las chuñas (*Chunga burmeisteri* y *Carioma cristata*), perdices del genero *Nothura*, la charata (*Ortalis*), la pava del monte (*Penelope*), el jaribú (*Jaribu micteria*), garzas blancas (*Egretta*), hornero (*Furnarius cristata*), cotorras y loros (*Myiopsitta*, *Nandaryus*), carpinteros (*Chrysoptilun*). Se encuentran cerca de 50 especies de colubridos, además de dos especies de cascabel y yarará. La fauna de anfibios llega a 32 especies; de estas, dos son endémicas: la rana (*Leptodactylus laticeps*) y el escuerzo (*Ceratophrys pierotti*) (Cabrera y Willink, 1973, Morrone, 2000, 2001).

Como se puede observar, existen una amplia variedad de vertebrados como fuente de alimentación para las vinchucas. Sin embargo, los trabajos realizados con precipitina muestran como las principales fuentes de alimento a las

comadreas, los edentados (principalmente peludos y mulitas), ratones y una gran cantidad de aves (Knierim et al., 1976, Rabinovich et al., 2011). A estas fuentes de alimentación hay que agregarle los amínales domésticos (cerdos, cabras, chivos, gallinas, entre otros), y por supuesto el hombre. En la provincia de Chaco se dan condiciones especiales para la transmisión vectorial de *T. cruzi* debido principalmente a (Bucher y Schofield, 1981, Gütler, 2007, Gütler, 2009):

- Altos niveles de pobreza (entre el 50 y el 70% de los hogares rurales presentan necesidades básicas insatisfechas).
- Baja densidad poblacional (0.5-5 habitantes por km²).
- Población principalmente rural en poblados o parajes, intercomunicados con caminos de tierra deteriorados e intransitables en épocas del año.
- Economía rural de subsistencia basada en la ganadería y explotación forestal.
- Falta de políticas públicas, principalmente en temas de salud, educación, desarrollo económico y cultural.
- Fuerte arraigo cultural en tema vivienda con construcción realizadas con barro, paja y postes de quebracho.
- Alta parasitemia en la población humana con elevada infestación domiciliar de *T. infestans* y transmisión vectorial de *T. cruzi* a humanos.

Todos estos factores sumados a condiciones macroclimáticas favorables permitirían que las poblaciones naturales de los triatominos mantengan altas densidades poblaciones tanto en los hábitats domésticos, peridomésticos y silvestres, lo que mantendría un flujo constante de *T. cruzi* entre los animales silvestres, los animales domésticos y los humanos.

3.2-1.2. Provincia de Córdoba, Argentina

El área de muestreo (-32.289 S, - 62.402 O; -32.349 S, -62.281 O) en la provincia de Córdoba pertenece a la Ecorregión del Espinal (Burkart et al., 1999) (Figura 3-1). Se ubica entre los 28º y los 40º de latitud Sur, como un gran arco que envuelve por el oeste al Pastizal Pampeano y que se ubica al sur de las Ecorregiones del Chaco humedo y seco, abarcando el sur de la provincia de Corrientes, mitad-norte de Entre Rios, una franja central de Santa Fe y Cordoba, centro y sur de San Luis, mitad-este de La Pampa y sur de Buenos Aires (Burkart et al., 1999, Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, 2003). Debido a su

extensión, la región presenta grandes variaciones de clima, desde cálido y húmedo en el norte hasta templado y seco en el oeste. Las temperaturas medias anuales rondan los 21,5 °C en el norte y 14,5 °C en el sur. En todo el territorio no hay zonas libres de heladas. Las precipitaciones decrecen desde el NE hacia el SO, con un rango de 1500 a 400 milímetros anuales. En cuanto a la distribución estacional, las mayores lluvias se producen en primavera y verano (Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, 2003).

El Espinal se divide en tres subregiones: Espinal del Ñandubay, en la Mesopotamia, de clima húmedo; el de los Algarrobos, el sector central, subhúmedo, de transición entre la Pampa y el Chaco; y finalmente, el del Caldén, sector semiárido, de transición entre las ecorregiones de la Pampa y el Monte.

Cabrera (1953) describe que el este y el sudoeste de la provincia de Córdoba estaban cubiertos por grandes extensiones de bosques del Espinal Periestépico, pero al expandirse la agricultura hacia el oeste el área se redujo marcadamente. Actualmente, se pueden encontrar varios relictos de bosques de extensión variable, algunos de los cuales se transforman en fachinales al ser invadidos por chañares (*Geoffroea decorticans*) o por los renovales de otras especies, principalmente exóticas (Noetinger et al., 2004). Lewis y Collantes (1973) distinguen seis distritos para la provincia de Córdoba: Cordubense, Central, Sanctafidense, Psamofítico, Pampense y Entrerrianens. Este último es donde se encuentra nuestra área de estudio que se caracteriza por poseer grandes relictos de bosques de palmerita *Trithrinax campestris*, ubicada entre las localidades de Noetinger, El Fortín y Chilibroste (Noetinger et al., 2004). Probablemente, los relictos más importantes del Espinal de toda la provincia de Córdoba son los de las estancias “Montes Grandes”, “Monte Chico” y “El Chañar”, cercanas a Noetinger, con una superficie de alrededor de 500 ha. El área boscosa está algo fragmentada y los fragmentos más pequeños están bastante deteriorados, mientras que los fragmentos de mayor tamaño están muy bien conservados (Noetinger et al., 2004). Además, se encuentran algarrobos (*Prosopis alba* y *P. nigra*), espinillo, chañar y sombra de toro (*Jodina rhombifolia*) con un estrato importante de arbustos y renovales, y un estrato graminoso de muy alta cobertura.

En la provincia de Córdoba, los remanentes de bosques del Espinal enfrentan, fundamentalmente, cuatro grandes amenazas como son el desmonte, la tala selectiva, la carga ganadera excesiva o la ausencia de ganado y la invasión de especies leñosas exóticas. La creciente demanda de tierras para la agricultura y su alta rentabilidad ponen en peligro a los remanentes de bosques de esta región (Arturi, 2005).

Caracterizar la fauna del Espinal no resulta simple ya que las especies que la integran se encuentran presentes en otras regiones y su presencia responde a distintos paisajes. La fauna autóctona no es abundante, aunque sí variada, sobre todo en herbívoros y se caracteriza por la presencia de el puma pampeano (*Puma concolor cabreræ*), la mara (*Dolichotis patagonum*), la vizcacha (*Lagostomus maximus*), el gato montés (*Leopardus geoffroyi*), el zorro pampa (*Dusicyon gymnocercus*), el zorrino (*Conepatus chinga*), el hurón mediano (*Galictis cuja*), el cuis pampeano (*Cavia aperea pamparum*), la nutria (*Myocastur coypus*), y la comadreja overa (*Didelphis albiventris*). Entre las especies ornitológicas características, las poblaciones de muchos taxones de esta ecorregión se encuentran extintas o muy amenazadas, por ejemplo la loica pampeana (*Sturnella defilippii*), el ñandú (*Rhea americana*) el cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), la martineta colorada (*Rhynchotus rufescens*) la martineta copetona (*Eudromia elegans*) y la perdiz chica (*Nothura maculosa*).

Si bien existen trabajos en triatomíneos en la ecorregión del Espinal, los mismos se han realizado casi exclusivamente en la provincia de Corrientes, Argentina (Damborsky et al., 2001, Oscherov et al., 2003, Bar et al., 2010). Estos autores han colectados individuos de *T. infestans*, *T. sordida*, *P. geniculatus* y *P. megistus* en domicilios, pero solo la presencia de *T. cruzi* fue hallada en las dos primeras especies. Por otro lado, *T. infestans* y *T. sordida* también han sido colectadas en peridomicilios, mientras que en los hábitats silvestres han encontrado individuos de *T. platensis*, *Ps. coreodes*, *T. sordida* y *T. rubrovaria*.

En la provincia de Córdoba, la información epidemiológica sobre la enfermedad de Chagas se encuentra focalizada al noroeste de la provincia

(ecorregión Chaco seco), mientras que es escasa o nula la información sobre la epidemiología en el Espinal. Seguramente esto se deba a los escasos registros de triatomíneos colectados en asentamientos humanos. Esto indicaría que no habría una circulación activa de triatomíneos entre los hábitats domésticos y silvestres disminuyendo la posibilidad de que los ciclos de *T. cruzi* sean tan fluidos como en la provincia de Chaco.

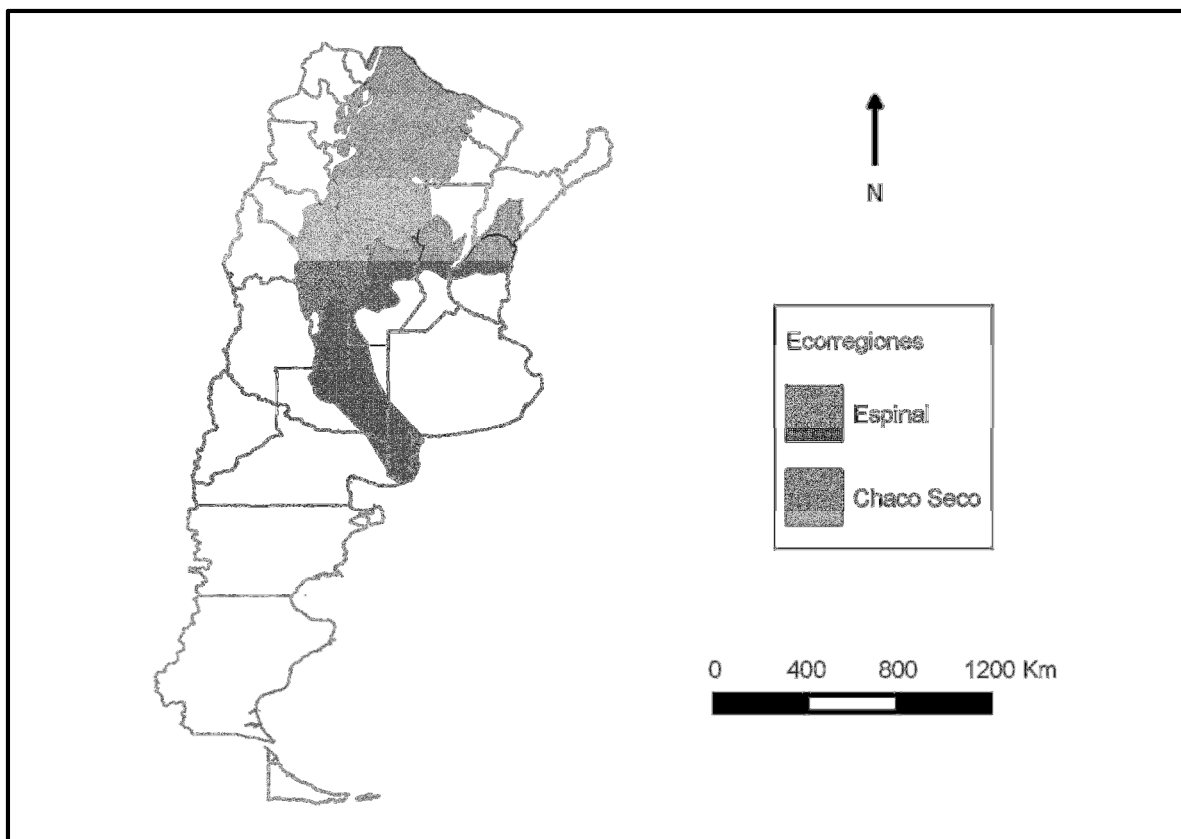


Figura 3-1 Ecorregiones de Chaco seco y Espinal en Argentina.

3.2.2 Recopilación de datos

Se realizó una recopilación bibliográfica a través de buscadores de internet (Bea, Webbitri, Scopus, Biblioteca virtual del Mincyt, entre otros) con énfasis en los siguientes ítems:

- Microhábitats utilizados por las diferentes especies de triatomíneos
- Variables climáticas registradas en microclimas

- Efectos de la temperatura y la humedad relativa sobre los ciclos de vida de las diferentes especies de triatomíneos
- Parámetros demográficos y estadísticas vitales de los triatomíneos
- Rangos de tolerancia a parámetros climáticos
- Modelos de cambio climático global.

Esta recopilación bibliográfica nos permitió determinar las áreas de estudios, así como también seleccionar los microhábitats donde posteriormente se colocarían los sensores para la obtención de los datos microclimáticos.

3.2.3 Estudio previo en las áreas de trabajo

En función de esta base de datos se realizaron muestreos previos (premuestreo) en la provincia de Chaco y Córdoba para determinar los microhábitats más adecuados para la colocación de los sensores (“data loggers”).

En los domicilios y peridomicilios se realizaron búsquedas activas de triatomíneos utilizando un insecticida en aerosol (tetrametrina 0.2%) para la irritación y huida de los insectos. En los ambientes silvestres se realizó la disección completa de los nidos y los cardones en búsqueda de los insectos. Cabe mencionar que en la provincia de Córdoba se realizó una sola búsqueda previa de insectos; en cambio, en la provincia de Chaco hace más de cinco años que se trabaja en la recolección de triatomíneos en la zona, con más de tres campañas al año.

Luego de la colecta de los triatomíneos, se determinaron y seleccionaron según las especies encontradas en cada microhábitat, cuáles de ellos serían los más propicios para el desarrollo de esta tesis doctoral.

3.2.4 Descripción de los sensores (“*Data loggers*”)

Se utilizaron cinco equipos de termistores de medición digital automática de la temperatura y la humedad relativa (“data loggers”).

Sus características son:

- Marca y modelo: THERMOBUTTON TPD4521 T/H.
- Rango de Temperatura: -40 a 85°C, resolución: 0,5 °C, exactitud +/- 1 °C.
- Tolerancia de humedad: 0 a 100% RH, exactitud: 5% HR.
- Tamaño: 17mm x 6mm (0.7"x 0.25"), similar al de una moneda de 10 centavos.
- Duración de la batería: hasta 10 años.

Cada uno de los "data loggers" fueron colocados dentro de recipientes de plástico con tapas para su protección contra las precipitaciones, ya que los sensores no son resistentes al agua. A cada recipiente se les realizaron 35 orificios para la libre circulación del aire y no generar un microclima dentro del mismo. A las tapas también se les realizaron orificios ya que si por algún motivo entraba agua dentro del recipiente esta se podría escurrir por dichos orificios. Además se colocó una protección construida con una malla metálica de 13 x 13 mm, para evitar posibles daños ante el ataque de animales como diferentes mamíferos, reptiles y aves (especialmente Psittacidos) (Figura 3-1).

Antes de colocarlos en el campo los sensores fueron "testeados" durante 15 días dentro del insectario con el propósito de corroborar que no existía diferencias significativas en la temperatura y humedad relativa si el sensor estaba o no protegido con el recipiente plástico.

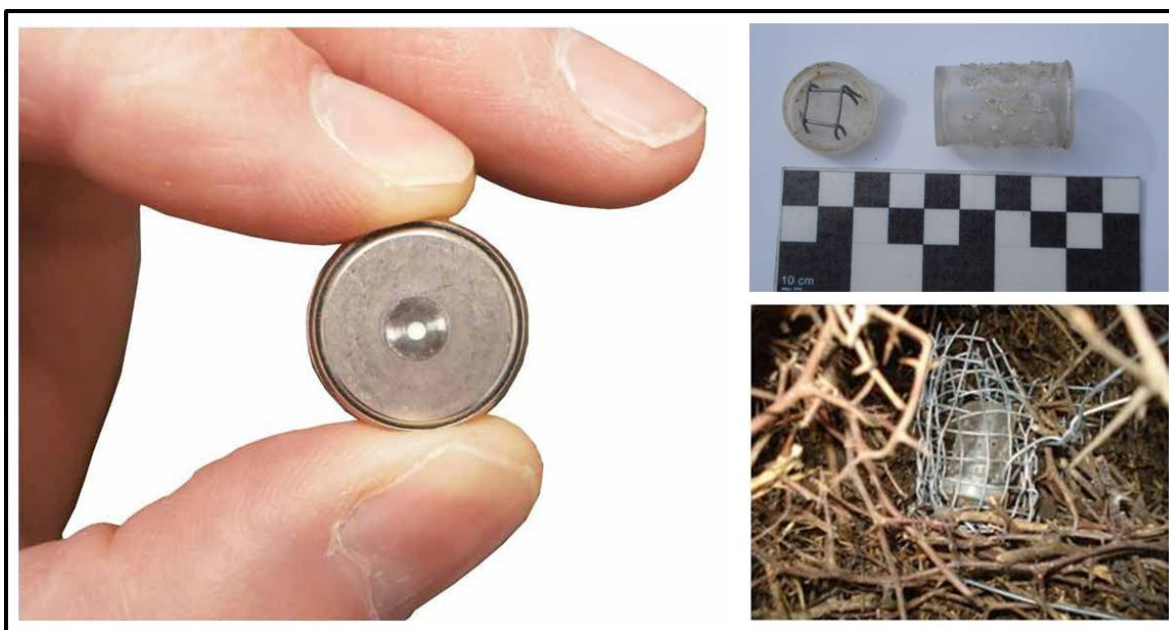


Figura 3-1 Vista general de “data logger”. Der-arriba: tamaño del recipiente y tapa donde fue colocado en “data logger”. Der abajo: recipiente dentro de malla metálica utilizada como protección.

3.2.5 Sitio de estudio

Provincia de Chaco: El estudio se realizó en la localidad de El Palmar, ubicada en el Departamento de Pinedo.

En esta localidad, se eligieron dos establecimientos ganaderos para la colocación de los sensores. El primero llamado Establecimiento Alberto (-27.087 S, -61.536 O), está ubicado a 40 Km al oeste de la ciudad de Charata y a 17 Km al sureste de la localidad de Tres Estacas. Posee alrededor de 400 hectáreas, donde la principal actividad económica es la cría de cabezas de ganado vacuno, aunque también los dueños del establecimiento crían chivos, gallinas, pavos y otros animales para consumo personal. En este establecimiento se encuentran pasturas naturales para el consumo de los vacunos, quedando islotes formados por matorrales de arbustos autóctonos y conglomerados de quebrachos colorados e itines. Este establecimiento se encuentra totalmente rodeado de cultivos, siendo escasa la vegetación autóctona en los campos vecinos limitándose a cortinas de vegetación en mal estado y algunos islotes pequeños de vegetación (Figura 3-2).

En el otro sitio, llamado Establecimiento Casatti (-27.138 S, -61.575 O), está ubicado a unos 6 Km al noroeste del Establecimiento Alberto. La principal actividad económica es la cría y el engorde de cerdos para la venta, aunque también se crían aves de granja para el consumo personal. Se encuentra en un grado de conservación moderado de flora y fauna, y además está rodeado de bosque nativo con la representación de todas las especies características de la ecorregión del Chaco seco (Figura 3-2).

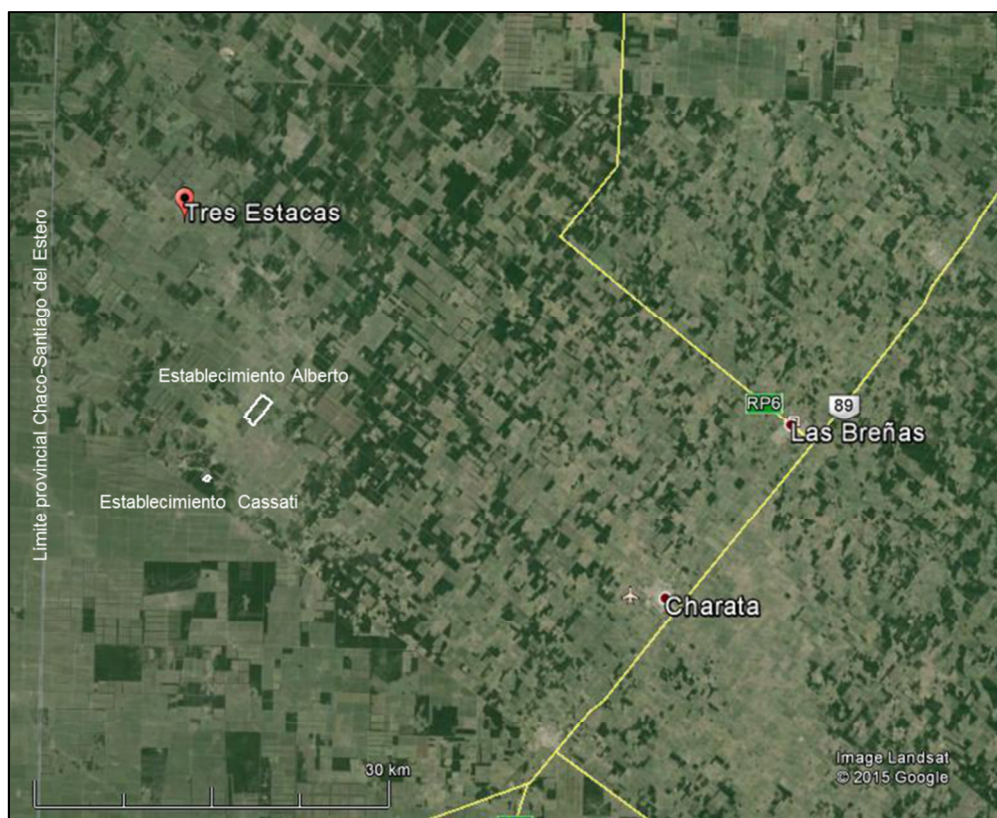


Figura 3-2 Vista general de los establecimientos Alberto y Cassati en la Localidad de El Palmar, provincia de Chaco. Foto tomada de google earth.

Provincia de Córdoba: en esta provincia se trabajó en la localidad de Noetinger, más presisamente en la estancia que lleva el mismo nombre que la localidad (-32.365 S, -62.309 O). Este es un establecimiento agrícola-ganadero se encuentra a unos 5 Km al Noroeste de la localidad de Noetinger y cuenta con una extensión aproximada de 2000 ha (Figura 3-3). Dentro de las mismas se conserva una porción de alrededor de 100 ha de vegetación autóctona del Espinal

descriptas anteriormente. Al contrario de lo que ocurre en la ecorregión Chaqueña, aquí los dueños de la estancia no poseían animales en el peridomicilio. Por lo que se debió buscar en los puestos de los peones donde se realiza la cría de aves y cerdos para consumo personal.

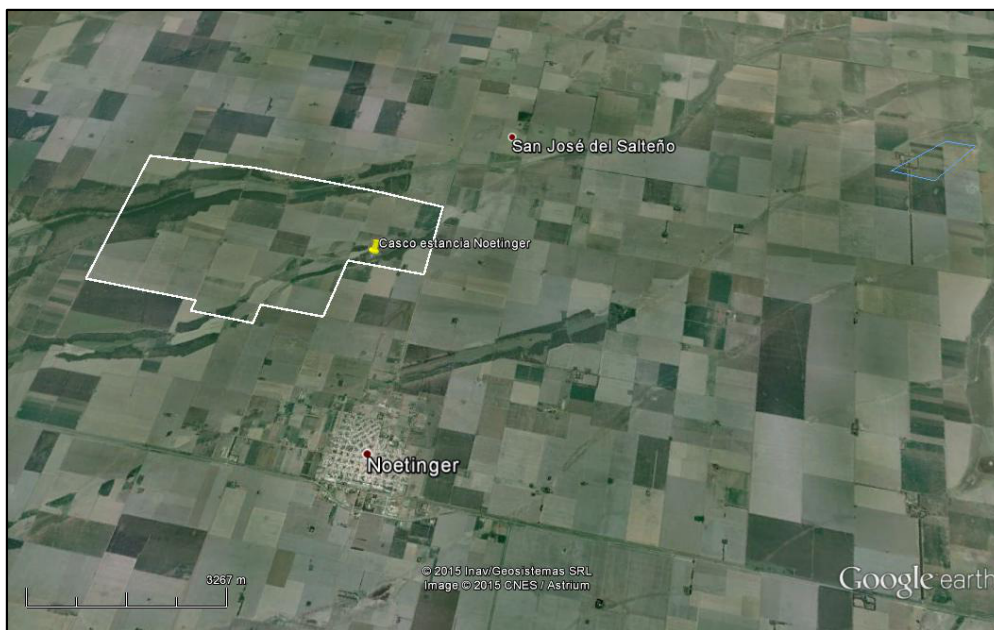


Figura 3-3 Vista general de la estancia Noetinger en la localidad de Noetinger, provincia de Córdoba. Foto tomada de google earth.

3.2.6 Descripción de los microhábitats

Provincia de Chaco: Los microhábitats seleccionados fueron:

Domicilio: consta de una cocina con paredes de adobe y techo de palos y paja, un comedor con paredes de ladrillo (construcción mas nueva y anexada a la cocina y a los dormitorios) y techo de chapas de zinc, y dos habitaciones (una de ellas utilizadas como trastero) con paredes de ladrillos asentadas en barro y techo de chapas de zinc. La habitación utilizada para el descanso de los habitantes del domicilio (de unos 3 x 3 x 2.6 mts) fue el lugar seleccionado para la colocación del sensor. El mismo se ubico a unos 0.40 mts del techo y a unos 2.20 mts del suelo,

en una ranura entre los ladrillos (Figura 3-4). Este domicilio se encontraba dentro del Establecimiento Casatti, y se lo seleccionó debido a que tanto en el premuestreo como en campañas anteriores se habían encontrado dentro de la vivienda ejemplares de *T. infestans* y en algunas oportunidades se capturaron adultos de *T. guasayana*. Seguramente estos adultos provenían del ambiente silvestre circundante y fueron atraídos por las luces, debido a que se las capturó manualmente cercanas a las mismas.



Figura 3-4 Domicilio de la provincia de Chaco. Vista general de toda la vivienda. Der-abajo: “data logger” colocado entre las grietas de la pared del dormitorio.

Peridomicilio: el hábitat seleccionado fue un corral de cabra con una dimensión aproximada de 16 x 7 x 2 m, construido con postes de madera verticales de *Prosopis sp* (vulgarmente llamados palos a pique), entrelazados con palos de arbustos espinosos formando una valla exterior. Una porción de este corral de unos 5 x 6 x 1,5 m, se encontraba cubierta con una envoltura plástica (silo bolsa) en donde se colocan los cabritos para una mayor protección de las inclemencias climáticas y de los depredadores (Figura 3-5). El sensor fue colocado a 1.5 mts del suelo, detrás de una madera entre los palos a pique y la cubierta de plástico. Este microhábitat se encontraba en el Establecimiento Alberto a unos 300 mts del domicilio. Este peridomicilio fue seleccionado debido a que durante el premuestreo como en campañas previas realizadas, siempre estuvo colonizado

por las especies *T. infestans* y *T. gusayana*. También se tuvo en cuenta para la selección de este microhábitat los trabajos publicados por Gurevitz et al. (2011) y Ceballos et al. (2005) quienes indican que los corrales de cabras son una importante fuente de reinfestación de *T. cruzi* en los domicilios.



Figura 3-5 Peridomicilio de la provincia de Chaco. Vista general. Der-abajo: “data logger” colocado entre los palos a pique y el recubrimiento exterior de plástico.

Hábitat silvestre 1: el primer hábitat seleccionado en el ambiente silvestre fue un nido de ave del orden Passeriformes, familia Furnariidae, genero *Phacellodomus* sp. En la Provincia del Chaco estos nidos se encuentran en las horquillas de los árboles muertos (es decir, en la bifurcación de las ramas principales del árbol) contruidos con ramas secas con un tamaño aproximado de 30 cm de alto x 30 cm de ancho con dos entradas, una “falsa” por encima del nido y la entrada principal por debajo del mismo (Figura 3-6). El lugar dentro del nido donde las aves descansan y las hembras colocan los huevos, se caracteriza por presentar hierbas secas, plumas y otros objetos funcionando como un “colchon” que vulgarmente se la denomina “camita”. Estas aves anidan en la primavera y el verano, y luego de que las crías dejan el nido durante el invierno, estos nidos son utilizados como refugios y en algunas oportunidades como lugar de cría por otros animales (ratones, marmosas, lagartos) (Marti et al., 2014). El sensor fue colocado entre las paredes del nido y la “camita”.

Durante el mes de octubre del 2011, este sensor fue removido debido a la destrucción del nido. Se buscó otro nido con características similares a unos 1.200 mts, donde fue colocado nuevamente para proseguir con la toma de datos. Ambos nidos se encontraban dentro del Establecimiento Alberto y en este tipo de microhábitat se encontraron en trabajos previos, las especies *T. guasayana*, *T. infestans*, *T. platensis* y *Ps. coreodes* (Marti et al., 2014).



Figura 3-6 Silvestre 1 (Nido de Furnariidae) de la provincia de Chaco. Vista general del nido en el árbol. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a la “camita”.

Hábitat silvestres 2: el segundo hábitat silvestre fue un nido de ave de la familia Psittacidae (*Monachus Miopsita*). Estas aves construyen nidos comunales con ramas espinosas entrelazadas (Forshaw, 1989) en los árboles de quebracho (*Prosopis sp*) (Figura 3-7). Estas aves son gregarias y construyen nidos con entradas individuales para cada pareja, los cuales son cerrados y permanentes, utilizados durante todo el año como dormitorio (Martella et al., 1985). El sitio que utilizan para la cria y dormitorio de cada una de las parejas se caracteriza por presentar hierbas secas, plumas y defecaciones de las propias aves, constituyendo la “camita”. El sensor fue colocado lo mas cercano posible a esta “camita” perforando el nido manualmente desde el exterior, y luego de ser colocado el sensor fue cuidadosamente cerrado con los mismos materiales extraídos.

Este microhábitat se encontraba en el Establecimiento Alberto y fue seleccionado ya que en el mismo árbol pero en otros nidos similares al seleccionado se colectaron ejemplares de las especies *T. delpontei* y *T. infestans*.



Figura 3-7 Silvestre 2 (Nido de Psittacidae) de la provincia de Chaco. Vista general del nido en el árbol. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a la “camita”.

Control: para corroborar que las mediciones microclimáticas en los microhábitats habían sido las correctas, se colocó un sensor control en un alero protegido de la lluvia a 1.2 mts de unos de los laterales, a 1.80 mts del suelo y a unos 0.40 mts del techo (sin estar expuesto directamente a la radiación solar). El alero estaba construido con palos de *Prosopis sp* y techo de paja, y es utilizado por los dueños como depósito de trastos cercano al domicilio (Figura 3-8). Este sitio se encontraba en el Establecimiento Alberto. Durante el premuestreo, se realizó una búsqueda manual, encontrando todos los estadios de *T. infestans*. Cabe destacar que en el mismo se corroboró la presencia de gallinas y gansos empollando.



Figura 3-8 Alero en la provincia de Chaco donde fue colocado el sensor “control”. Vista general. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a uno de los laterales, protegido de la insolación directa.

La ubicación de cada sensor fue registrada utilizando un GPS manual Garmin™ Legend (Tabla 3-2).

Tabla 3-2 Coordenadas geográficas de cada microhábitat en la provincia de Chaco. En hábitat silvestre 2 (Nido Furnaridae) se presentan las coordenadas de los dos nidos utilizados.

Microhábitat	Control	Domicilio	Peridomicilio	Hábitat silvestre 1 (Nido Psittacidae)	Hábitat silvestre 2 (Nido Furnaridae)
Coordenadas geográficas	-27.089 S -61.533 O	-27.137 S -61.573 O	-27.087 S -61.531 O	-27.092 S -61.541 O	-27.092 S -61.540 O -27.088 S -61.529 O

Provincia de Córdoba:

En la estancia Noetinger los data loggers fueron colocados en los siguientes microhabitats:

Domicilio: los sensores debieron ser colocados en dos domicilios, debido a que el primero fue abandonado por los propietarios y en los días posteriores fue

colocado en un domicilio cercano con similares características. El primero constaba de una cocina comedor con paredes de ladrillo y techo de chapas de zinc, y dos habitaciones con paredes de ladrillos asentadas en barro y techo de zinc. La habitación en donde duerme el dueño de casa (4 x 4.5x 4 mts) fue en donde se colocó el sensor, a unos 0.50 mts del techo y a unos 3.50 mts del suelo, en una ranura entre los ladrillos (Figura 3-9). El segundo domicilio posee una cocina comedor con paredes de ladrillo y techo de zinc, y dos habitaciones. En una de ellas (3.5 x 3.5 x 3.5 mts) se colocó el sensor en una rajadura entre los ladrillos en condiciones similares al domicilio anterior. Para no invadir la privacidad de los propietarios de la vivienda no se poseen fotografías del interior de la misma.



Figura 3-9 Domicilio de la provincia de Córdoba. Vista general de la vivienda. Der-abajo: "data logger" colocado en una grieta de la pared.

Peridomicilio: en este caso también se utilizaron dos sitios para la toma de datos, ya que al abandonarse el primer domicilio, el propietario retiró los animales domésticos. El primer peridomicilio utilizado estaba construido con palos a pique y revestido con chapas de zinc cuyas dimensiones fueron: 2 x 2 x 1.75 mts, en el que habitaban gallinas y pavos. El sensor fue colocado colgando de uno de los laterales a unos 1.6 mts del suelo, a unos 0.30 mts del techo y separado de la chapa por unos 0.10 mts. Se colocó en este microhábitat debido a la captura de *T. infestans* durante el muestreo, y debido a que no se encontraron corrales de

cabra ni estructuras similares a las construidas en la provincia de Chaco (Figura 3-10).

Luego el sensor fue trasladado al segundo peridomicilio, el cual estaba construido con palos y chapas, cuyas dimensiones fueron: 5 x 2 x 1.75mts. En este corral se encontraban cerdos y gallinas. Dicho sensor, se colocó en pared posterior del “gallinero-chiquero”, a 0.20 mts del techo y a 1.7 mts del suelo.



Figura 3-10 Peridomicilio de la provincia de Córdoba Vista general. Der-abajo: “data logger” colocado entre los revestimientos exteriores.

Hábitat silvestre 1: en la ecorregión del Espinal, los nidos de Furnaridae son construidos en claros dejados por la caída de los árboles o por senderos realizados por animales. Los mismos cuelgan a una distancia de 2 mts del suelo de una rama fina de árboles vivos, con un diámetro aproximado de 0.30 mts. El sensor fue colocado lo mas cercano posible a la “camita” (Figura 3-11).



Figura 3-11 Silvestre 1 (Nido de Furnaridae) de la provincia de Córdoba. Vista general del nido en el árbol. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a la “camita”.

Hábitat silvestre 2: Nido de Psittacidae. Estas aves gregarias construyen sus nidos comunales en la base de las hojas de las “palmeritas” (*Trithrinax campestris*). Son nidos de grandes dimensiones que pueden alcanzar hasta los 3 mts de diámetro y 2 o 3 mts de altura, similares a los nidos descrito en la provincia de Chaco.

Al igual que en Chaco, estos nidos son ocupados durante todo el año por las aves y el sensor fue colocado dentro del nido siguiendo la misma metodología (Figura 3-12).



Figura 3-12 Silvestre 2 (Nido de Psittacidae) de la provincia de Córdoba. Vista general del nido en el árbol. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a la “camita”.

Control: se utilizó un galpón abandonado de 12 x 6 x 3.5 mts. El sensor se ubicó a 1.5 mts de la intemperie, colgado a unos 0.50 mts del techo y a 2.90 mts del suelo, separado a unos 0.50 mts de la pared del galpón. De esta manera, se encontraba protegido de las precipitaciones y de la radiación solar (Figura 3-13).



Figura 3-13 Galpón utilizado, en la provincia de Córdoba, donde fue colocado el sensor “control”. Vista general. Der-abajo: “data logger” colocado cercano a uno de los laterales, protegido de la insolación directa.

La ubicación de sensor fue registrada utilizando un GPS manual Garmin™ Legend (Tabla 3-3).

Tabla 3-3 Coordenadas geográficas de cada microhábitat en la provincia de Córdoba. En domicilio y peridomicilio se presentan las coordenadas de los dos sitios utilizados.

Microhábitat	Control	Domicilio	Peridomicilio	Hábitat silvestre 1 (Nido Psittacidae)	Hábitat silvestre 2 (Nido Furnaridae)
Coordenadas geográficas	-32.322 S -62.361 O	-32.321 S -62.360 O -32.310 S -62.334 O	-32.322 S -62.360 O -32.309 S -62.333 O	-32.311 S -62.343 O	-32.312 S -62.363 O

3.2.7 Programación de los sensores y obtención de los datos

Para la provincia de Chaco, los sensores fueron programados para registrar datos cada 35 minutos de temperatura y humedad relativa en cada microhábitat, desde abril de 2011 hasta abril de 2012. Para la provincia de Córdoba, los sensores registraron datos desde abril de 2012 hasta mayo de 2013.

Para la programación de los sensores se utilizó el software OneWireViewer compatible con los data loggers THERMOBUTTON DS1923 T/H. OneWireViewer es un software basado en Java utilizado para explorar dispositivos Dallas 1-Wire utilizando diferentes plataformas de hardware y software. La comunicación con los dispositivos 1-Wire se realiza a través de una sola línea de datos, usando el protocolo 1-Wire. La red se llama 1-Wire Net o adaptadores MicroLAN. 1-Wire y están disponibles para los puertos USB.

La temperatura fue programa entre -10 y 65°C con una resolución de 0.5°C y la humedad relativa entre 0 y 100% con una resolución de 0.6%. La capacidad de los sensores (“data loggers DS1923”) es de 4096 registros de temperatura y humedad relativa, por lo cual se debieron realizar viajes cada 3 meses a las provincias de Chaco y Córdoba.

Durante el primer viaje se programaron y colocaron los “data loggers” en cada microhábitat. En los restantes viajes se retiraron los sensores, se descargó la información, se re-programaron y se los colocó en el mismo sitio, o en el caso del nido de Furnaridae en condiciones similares debido al deterioro del microhábitat. En el mes de abril de 2012 se los retiró de la provincia de Chaco y se los trasladó a la provincia de Córdoba.

En la provincia de Chaco, desde el 7 de abril de 2011 hasta el 25 de abril de 2012 se registraron en total 17846 datos de temperatura y humedad relativa en el control y los microhábitats domicilio, nido de Psittacidae y nido de Furnaridae. En el peridomicilio se obtuvieron solamente 15212 datos, ya que el sensor dejó de funcionar el 25 de febrero de 2012 por un error de programación.

Para todos los sensores no se obtuvieron los registros de temperatura y humedad relativa desde el 16 de octubre al 28 de octubre del 2011, debido a que no se pudo viajar antes de esa fecha. Además, aquellos días en que se observaron datos faltantes en cualquier sensor fueron eliminados debido principalmente a que durante la descarga de los datos al ordenador, se perdían datos consecutivos, por lo que se decidió eliminar el día entero.

En la provincia de Córdoba no se obtuvieron los registros de los días 26 de julio de 2012; 3, 4, 5 y 6 de noviembre de 2012; y 5 y 6 de febrero de 2013, debido a los inconvenientes entre la descarga de los datos y la reposición de los sensores en sus correspondientes microhábitats.

Dichos registros fueron organizados por fecha y por microhábitats para la entrada a los softwares R Studio, STATISTICA y hojas de cálculo de Microsoft Excel.

3.2.8 Transformación de datos

Para una mejor comprensión y comparación de los resultados, los datos originales cada 35 minutos se transformaron a 30 minutos empleando hojas de

cálculo de Microsoft Office Excel, en el cual se desarrolló un “macro” específico para este procesamiento. (ver Anexo 1).

3.2.9 Análisis de los datos de temperatura y humedad relativa

Los análisis estadísticos fueron iguales para ambas provincias (Chaco y Córdoba), por lo que aquí se harán las descripciones generales de los mismos.

Cuando se utilizan diferentes métodos o fórmulas para la temperatura o la humedad relativa, las mismas son explicadas de forma explícita en cada ítem, para cada provincia.

En primer lugar se realizó un Análisis Exploratorio de Datos (AED) para examinar los datos previamente a la aplicación de cualquier técnica estadística. De esta forma se obtuvo un entendimiento básico de sus datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. El AED proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño, evaluar datos ausentes (missing), identificar casos atípicos (outliers) y comprobar los supuestos subyacentes en la mayor parte de las técnicas multivariantes (normalidad, linealidad, homocedasticidad).

3.2-9.1. Testeo del sensor control

Para corroborar el correcto funcionamiento del sensor control se realizó una regresión lineal entre los promedios diarios de temperatura (y humedad relativa) del sensor control y las temperaturas (y humedades relativas) esperadas de las estaciones meteorológicas en las coordenadas del sensor control (Ecuación 1 y 2). Para ello, se solicitó al Servicio Meteorológico Nacional de Argentina los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de estudio. Para la provincia de Chaco se seleccionaron las estaciones meteorológicas de las localidades de Roque Sáenz Peña, Resistencia, Las Lomitas, Santiago del Estero y Formosa (Tabla 3-4). En el caso de la provincia de Córdoba se decidió trabajar con aquellas estaciones meteorológicas más cercanas al punto de muestreo y que contarán con el mayor número de datos de temperatura y humedad relativa,

ya que a diferencia de la provincia de Chaco existen una mayor cantidad de estaciones meteorológicas ubicadas en distintas ecorregiones de nuestro país y sus temperaturas y HR pondrían influir en los resultados finales (Tabla 3-5).

Para estimar la temperatura esperada de las estaciones meteorológicas en las coordenadas del sensor control, se aplicó el método de la distancia inversa al cuadrado. La fórmula utilizada fue:

	$T^{\circ} \text{ ponderada} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \left(\frac{1}{D_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^2}}$	(1)
--	--	-----

T_i : Temperatura de la estación meteorológica i [$^{\circ}$ C].

D_i : Distancia entre la estación meteorológica y el sensor control [km].

n : Número de estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis.

Para el caso de las humedades relativas se utilizó la siguiente fórmula:

	$HR^{\circ} \text{ ponderada} = \frac{\sum_{i=1}^n HR_i \left(\frac{1}{D_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^2}}$	(2)
--	--	-----

HR_i : Humedad relativa de la estación meteorológica i [$^{\circ}$ C].

D_i : Distancia entre la estación meteorológica y el sensor control [km].

n : Número de estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis.

Tabla 3-4 Distancia entre el sensor “control” y las estaciones meteorológicas en la provincia de Chaco (km).

	Estaciones meteorológicas del SMN				
	Roque Sáenz Peña	Resistencia	Las Lomitas	Santiago del Estero	Formosa
Control	125	253	279	297	349

Tabla 3-5 Distancia entre el sensor “control” y las estaciones meteorológicas en la provincia de Córdoba (km).

	Estaciones meteorológicas del SMN				
	Villa Dolores	Cordoba observatorio	Pilar	Rio Cuarto	Laboulaye
Control	270	200	161	205	220

3.2-9.2. Análisis de varianza

Se obtuvieron los promedios mensuales y anuales con sus respectivos desvíos estándar. Se realizaron comparaciones de los promedios mensuales de temperaturas y humedad relativa entre microhábitats, utilizando análisis de la varianza (ANOVA de un factor) entre el control y los microhábitats. Se utilizó esta técnica debido a que los tamaños de muestra son suficientemente grandes y ANOVA es una técnica robusta en esas condiciones. Por lo tanto, no se testeó la normalidad de los datos, pero si se puso a prueba la homogeneidad de varianza mediante el test de Levene. Si el test indicaba varianzas homogéneas, se aplicó el estadístico F para comparar los promedios de temperaturas. En cambio, si las varianzas no presentaban homogeneidad, se utilizó el test con el estadístico de Welch para comparar los promedios. En caso de ser detectadas diferencias en los promedios se efectuaron comparaciones múltiples (pruebas *post-hoc*), usando HSD de Tuckey en el caso de varianzas homogéneas y Games – Howell en el caso de varianzas no homogéneas. Para todos los test se consideró un nivel de significación del 5%.

3.2-9.3. Mínimos y máximos mensuales

Se obtuvieron los valores mínimos y máximos absolutos de temperatura de cada mes independientemente del día en el que se registró. Con ello se pretende observar los valores extremos a los que están expuestos las vinchucas en los distintos meses del año y su comparación entre los diferentes microhábitats.

3.2-9.4. Distribución de los datos en rangos de temperatura y humedad relativa

Se agruparon los datos en rangos de temperaturas de 2 °C (-8 °C a 56 °C) y rangos de 5% para las humedades relativas (0% a 100%). Una vez obtenidos los valores fueron convertidos a frecuencias relativas para una mejor visualización.

3.2-9.5. Temperaturas y humedades relativas en las estaciones del año

Se obtuvieron los promedios en cada hora para cada estación del año (primavera, verano, otoño, invierno) (llamados de aquí en adelante promedios horarios). Por ejemplo: para la estación verano se realizó el promedio de todas las temperaturas o humedades relativas a las 00:00 hs desde el 22 de diciembre hasta el 21 de marzo, luego para las 01:00 hs, y así consecutivamente hasta las 23:00 hs.

3.2-9.6. Horas en el mes en periodos favorables y desfavorables

Sobre la base de los trabajos mencionados en la introducción de este capítulo, decidimos que la temperatura umbral mínima ($T_{\text{mín}}$) con la cual desarrollaríamos nuestro análisis sería de 15 °C y la temperatura umbral máxima ($T_{\text{máx}}$) de 40 °C. De esta manera, agrupamos nuestros datos en tres categorías:

- $T_{\text{mín}}$: Temperatura umbral mínima \leq a 15 °C.
- T_f : Temperaturas favorables entre 15 °C y 40 °C.
- $T_{\text{máx}}$: Temperatura umbral máxima \geq a 40 °C.

En cuanto a las humedades relativas decidimos que las humedades relativas superiores al 80% serían perjudiciales para el desarrollo y

comportamiento de los triatominos. Por lo tanto, los datos quedaron incluidos de la siguiente manera:

- HR_f : Humedad relativa favorable \leq a 20%.
- HR_t : Humedad relativa tolerable entre 20% y 80%.
- HR_d : Humedad relativa desfavorable \geq a 80%.

Con la finalidad de analizar como ambas variables microclimáticas (temperatura y humedad relativa) influyen principalmente en el comportamiento de los triatominos en los microhábitats estudiados, se realizó una combinatoria entre las temperaturas y las humedades relativas registradas en cada uno de los meses por los distintos sensores, quedando conformadas dos categorías:

- P_d : periodo desfavorable con temperatura \leq a 15°C o \geq a 40°C y $HR \geq$ a 80%.
- P_T : periodo tolerable con temperatura entre 15°C y 40°C y HR entre 0 y 80%.

3.3- RESULTADOS

3.3-1. Recopilación bibliográfica

Se obtuvieron 2441 artículos publicados o en prensa, revisiones, actas de congreso y tesis doctorales relacionados con triatominos y otros de interes general, los cuales fueron seleccionados y colocados en 24 categorias de acuerdo a temáticas de interés (Tabla 3-6). Además, se realizó otra clasificación de los mismos artículos según autores, palabras claves, abstract o cualquier información útil para su posterior búsqueda. Aquí se exponen los códigos tematicos, en cantidad de articulos dentro de cada categoria:

Tabla 3-6 Número de artículos obtenidos en cada código temático.

Código temático	Número de trabajos
Cambio climático	12
Ciclo de vida	152
Colonización	89
Resistencia	18
Crecimiento poblacional	6
Dispersión	175
Disposición espacial	22
Distribución ecológica	77
Epidemia/ epidemiología	849
Fecundidad	95
Fertilidad	26
Hábitat	194
Humedad	28
Lluvia	3
Longevidad	40
Microhábitat/microclima	92
Modelos	44
Mortalidad	55
Muestreo	54
Nicho	7
Parámetros poblacionales	58
Tablas de vida	33
Temperatura	98
Tiempo de desarrollo	214

3.3-2. Especies de triatominos recolectados durante el muestreo

En las provincias de Chaco y Córdoba, durante los muestreos previos a la colocación de los data loggers se encontraron diferentes especies de triatominos en los distintos microhábitats analizados. Las especies encontradas reiteradas veces en Chaco se las denominó “especies instaladas” y, aquellas que solo se encontraron en algunos de los muestreos se las denominó “especies encontradas circunstancialmente” (Tabla 3-7). En cambio, en la provincia de Córdoba, al poseer una sola campaña previa en la recolección de triatominos solo pudimos establecer “especies encontradas” (Tabla 3-8).

Tabla 3-7 Especies de triatominos halladas en cada hábitat en la provincia de Chaco.

Hábitat	Sitio	Especies instaladas	Especies encontradas circunstancialmente
Domicilio	Dormitorio	<i>T. infestans</i>	<i>P. guentheri</i> <i>T. guasayana</i>
Peridomicilio	Corral de cabra	<i>T. guasayana</i> <i>T. infestans</i>	
	Gallinero	<i>T. infestans</i>	<i>T. guasayana</i>
	Deposito o trastero	<i>T. infestans</i>	
Silvestre	Nido de Furnaridae	<i>Ps. coreodes</i> <i>T. delpontei</i> <i>T. platensis</i>	<i>T. infestans</i>
	Nido de Psittacidae	<i>T. delpontei</i>	<i>T. infestans</i>
	Cardones secos	<i>T. guasayana</i>	

Tabla 3-8 Especies de triatominos halladas en cada hábitat en la provincia de Córdoba.

Hábitat	Sitio	Especies encontradas
Domicilio	Dormitorio	<i>T. infestans</i>
Peridomicilio	Gallinero	<i>T. infestans</i>
Silvestre	Nido de Furnaridae	<i>T. platensis</i> <i>Ps. coreodes</i>
	Nido de Psittacidae	<i>T. delpontei</i>

3.3-3. Registros obtenidos por los sensores

La base de datos final quedó conformada por 17760 y 18191 datos de temperaturas y humedad relativa para todos los microhábitats de la provincia de Chaco y Córdoba, respectivamente. El único microhábitat del cual se obtuvieron una menor cantidad de datos (N= 15126) fue el peridomicilio de la provincia de Chaco (ver 3.2-7).

3.3-4. Temperatura en la provincia de Chaco

3.3-4.1. Testeo del sensor control

Se obtuvieron 2901 datos de las estaciones meteorológicas (debido a que las mismas poseían registros incompletos), desde el 7 de abril de 2001 al 31 de diciembre de 2011. La regresión lineal llevada a cabo con los datos de los promedios diarios de temperatura del sensor “control” y los promedios diarios de las temperaturas esperadas de las estaciones meteorológicas en las coordenadas del sensor “control” fue significativa ($F= 3.524$, $p= 0.000$) (Figura 3-14).

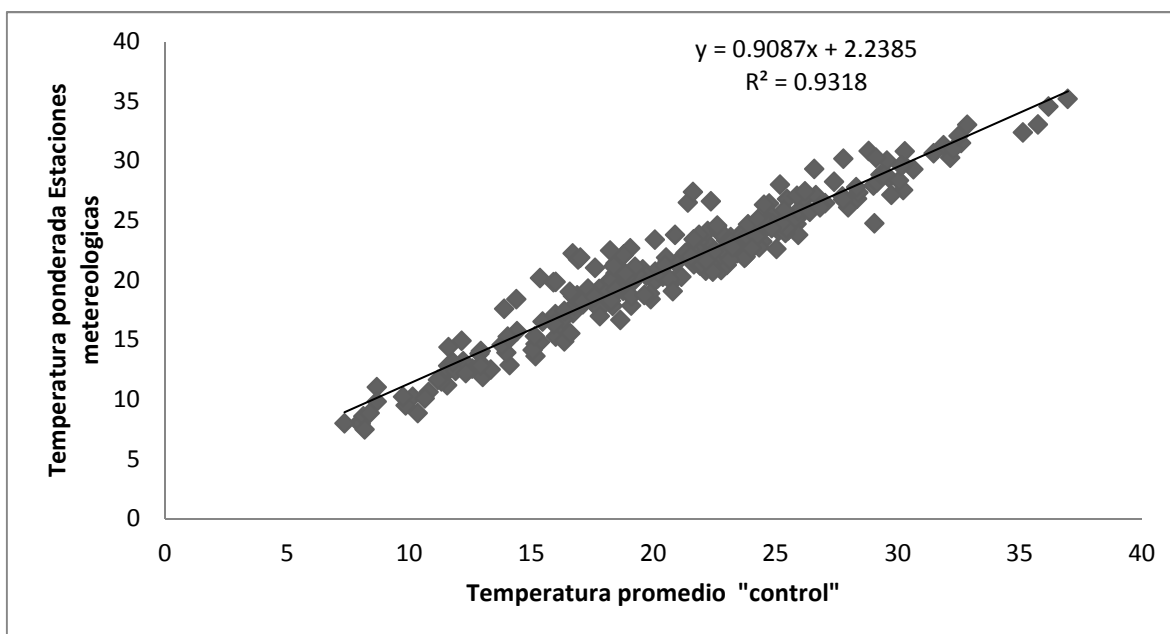


Figura 3-14 Regresión lineal de temperatura entre el sensor "control" y las estaciones meteorológicas de la provincia de Chaco.

3.3-4.2. Distribución de los datos en rangos de temperatura

El 85% de los datos registrados se concentran en un rango de temperatura que varía entre 14 °C y 34 °C para todos los microhábitats estudiados y el considerado control, con la excepción del sensor ubicado en el nido de Furnaridae, en donde se registraron un 80% de datos entre estas temperaturas.

El control, el peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron una temperatura mediana entre los 21 y 22 °C mientras que en el domicilio fue de 24 °C.

En la Figura 3-15 se observa que el domicilio no registró temperaturas inferiores a 0 °C ni superiores a 48 °C. Respecto a las frecuencias relativas registradas en el control, peridomicilio y nido de Psittacidae se observan valores similares en todos los intervalos de temperaturas. El nido de Furnaridae fue el único microhábitat que registró temperaturas por encima de 48 °C, aunque sus frecuencias fueron muy bajas.

Rango de Temperatura	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psitacidae	Furnaridae
[-4,-2)	0.0%		0.0%	0.2%	0.1%
[-2,0)	0.2%		0.2%	0.2%	0.2%
[0,2)	0.4%	0.1%	0.4%	0.7%	1.1%
[2,4)	0.8%	0.2%	0.7%	0.9%	1.9%
[4,6)	1.1%	0.6%	1.2%	1.1%	2.2%
[6,8)	1.9%	1.3%	2.0%	1.9%	2.8%
[8,10)	2.3%	2.1%	2.3%	2.4%	3.4%
[10,12)	3.5%	2.7%	3.2%	3.4%	4.5%
[12,14)	4.3%	3.7%	4.5%	4.7%	5.2%
[14,16)	7.0%	5.2%	6.8%	7.1%	7.8%
[16,18)	7.9%	7.0%	7.8%	7.9%	8.7%
[18,20)	9.6%	8.3%	9.5%	9.5%	9.5%
[20,22)	10.2%	9.3%	10.5%	9.9%	9.5%
[22,24)	10.0%	9.1%	9.7%	10.1%	8.9%
[24,26)	8.6%	9.7%	8.8%	8.0%	6.6%
[26,28)	8.2%	9.3%	7.7%	8.2%	6.5%
[28,30)	6.9%	8.4%	6.8%	6.7%	5.9%
[30,32)	5.2%	7.0%	5.1%	5.2%	4.3%
[32,34)	3.9%	5.1%	3.7%	4.0%	2.8%
[34,36)	3.2%	3.8%	3.0%	3.1%	2.0%
[36,38)	2.6%	3.1%	2.6%	2.6%	1.8%
[38,40)	1.4%	2.6%	2.0%	1.4%	1.4%
[40,42)	0.5%	1.3%	1.0%	0.6%	0.7%
[42,44)	0.2%	0.3%	0.4%	0.2%	0.6%
[44,46)		0.1%	0.1%		0.5%
[46,48)		0.0%			0.4%
[48,50)					0.3%
[50,52)					0.1%
[52,54)					0.0%
[54,56)					0.0%

Figura 3-15 Distribución de temperaturas en rangos de 2°C de la provincia de Chaco.

3.3-4.3. Análisis de varianza

La homogeneidad de varianzas entre microhábitats para cada mes, no presentó diferencias significativas en todos los casos (test de Levene).

En la Tabla 3-9 se presentan los promedios, las desviaciones estándar y valores F y p calculados para cada mes entre los microhábitats. Se observan diferencias significativas al ser evaluadas de a pares desde noviembre de 2011 a febrero de 2012 y en el promedio anual. En este mismo periodo, el domicilio mostró diferencias respecto del control; y solamente en dos meses (enero y febrero) se obtuvieron diferencias significativas entre lo registrado en el domicilio respecto a los restantes microhábitats. En el mes de enero, además del domicilio, el nido de Furnaridae también presentó diferencias con los restantes sensores. (Tabla 3-10 a Tabla 3-14). Los promedios mensuales de temperaturas fluctuaron entre 14 y 33 °C a lo largo de todo el año. El control junto con el peridomicilio y los microhábitats silvestres mostraron similares promedios de temperaturas; en cambio el domicilio registró promedios mayores al control durante todos los meses del año, así como también en el promedio anual.

Tabla 3-9 Promedios, desviaciones estándar y resultados del ANOVA de temperaturas de la provincia de Chaco en base a comparaciones entre microhábitats en cada mes. F: valor de Fischer calculado. df: grados de libertad. Los valores seguido por * indican diferencias significativas (*p*-valor: ≤ 0.05). N/A: No dato.

Meses	Microhábitats					F	df	<i>p</i>
	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae			
abr-11	20.22 ± 2.02	21.75 ± 2.17	20.59 ± 2.05	19.89 ± 1.98	20.15 ± 2.05	1.858	4,115	0.123
may-11	17.43 ± 3.34	18.33 ± 3.09	17.77 ± 3.38	17.24 ± 3.36	17.53 ± 3.33	0.501	4,150	0.735
jun-11	14.68 ± 4.32	15.55 ± 4.31	14.91 ± 4.30	14.43 ± 4.46	14.79 ± 4.48	0.271	4,145	0.896
jul-11	14.78 ± 5.13	15.49 ± 4.81	14.99 ± 5.01	14.60 ± 5.39	14.78 ± 5.23	0.140	4,150	0.967
ago-11	15.86 ± 5.42	16.96 ± 4.97	15.85 ± 5.30	15.58 ± 5.57	15.85 ± 5.51	0.311	4,150	0.870
sep-11	21.27 ± 4.12	22.77 ± 3.76	21.24 ± 3.92	20.93 ± 4.31	21.32 ± 4.23	0.941	4,145	0.442
oct-11	22.60 ± 3.03	24.74 ± 2.63	22.53 ± 2.92	22.24 ± 3.13	22.52 ± 3.19	2.337	4,95	0.061
nov-11	25.74 ± 3.24	28.20 ± 3.08	26.11 ± 3.21	25.72 ± 3.26	25.40 ± 3.60	3.524	4,145	0.009*
dic-11	26.73 ± 4.26	29.89 ± 4.12	27.06 ± 4.12	26.56 ± 4.40	27.73 ± 5.30	2.877	4,150	0.025*
ene-12	29.23 ± 2.41	32.18 ± 2.19	29.20 ± 2.46	29.28 ± 2.43	31.43 ± 2.93	10.130	4,150	0.000*
feb-12	29.83 ± 2.36	32.55 ± 2.25	29.77 ± 2.35	29.92 ± 2.39	29.91 ± 2.59	7.276	4,136	0.000*
mar-12	26.30 ± 4.48	28.55 ± 4.10	N/A	26.39 ± 4.53	26.23 ± 4.65	1.982	3,120	0.120
abr-12	24.50 ± 2.22	26.23 ± 2.65	N/A	24.64 ± 2.25	24.65 ± 2.22	2.547	3,80	0.062
Anual	22.18 ± 6.50	24.03 ± 7.04	21.68 ± 6.58	22.05 ± 6.65	22.44 ± 6.90	6.522	4,1789	0.000*

Tabla 3-10 Noviembre 2011. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.035	-	=	≠	≠
Peridomicilio	0.992	0.107	-	=	=
Psittacidae	1	0.032	0.999	-	=
Furnaridae	0.995	0.011	0.918	0.996	-

Tabla 3-11 Diciembre 2011. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.046	-	=	≠	=
Peridomicilio	0.998	0.096	-	=	=
Psittacidae	1	0.031	0.993	-	=
Furnaridae	0.903	0.317	0.976	0.844	-

Tabla 3-12 Enero 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	≠
Domicilio	0.000	-	≠	≠	=
Peridomicilio	1	0.000	-	=	≠
Psittacidae	1	0.000	1	-	≠
Furnaridae	0.006	0.767	0.005	0.008	-

Tabla 3-13 Febrero 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.000	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	1	0.000	-	=	=
Psittacidae	1	0.000	0.999	-	=
Furnaridae	1	0.000	1	1	-

Tabla 3-14 Anual. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.002	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.868	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.999	0.001	0.952	-	=
Furnaridae	0.985	0.012	0.579	0.933	-

3.3-4.4. Temperatura mínima y máxima mensual

Las temperaturas mínimas absolutas del peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron patrones similares al control durante todo el año. Por otro lado, el domicilio presentó una temperatura mínima más elevada que los demás microhábitats en todos los meses; no obstante nunca fue inferior a los 0 °C. Con respecto a la temperatura máxima absoluta, se observa que los microhábitats silvestres fluctuaron de manera similar a lo observado en el control aunque el nido de Furnaridae en diciembre y enero tuvo picos superiores a 52 °C, incrementando su temperatura más de 5 °C en relación a la temperatura del ambiente. El peridomicilio se mantuvo por debajo de la temperatura máxima exterior durante todo el año. El domicilio de mayo a octubre (meses más fríos) registró temperaturas máximas por debajo de la temperatura ambiente, en cambio de

diciembre a febrero la temperatura dentro del mismo fue superior al control (Figura 3-16).

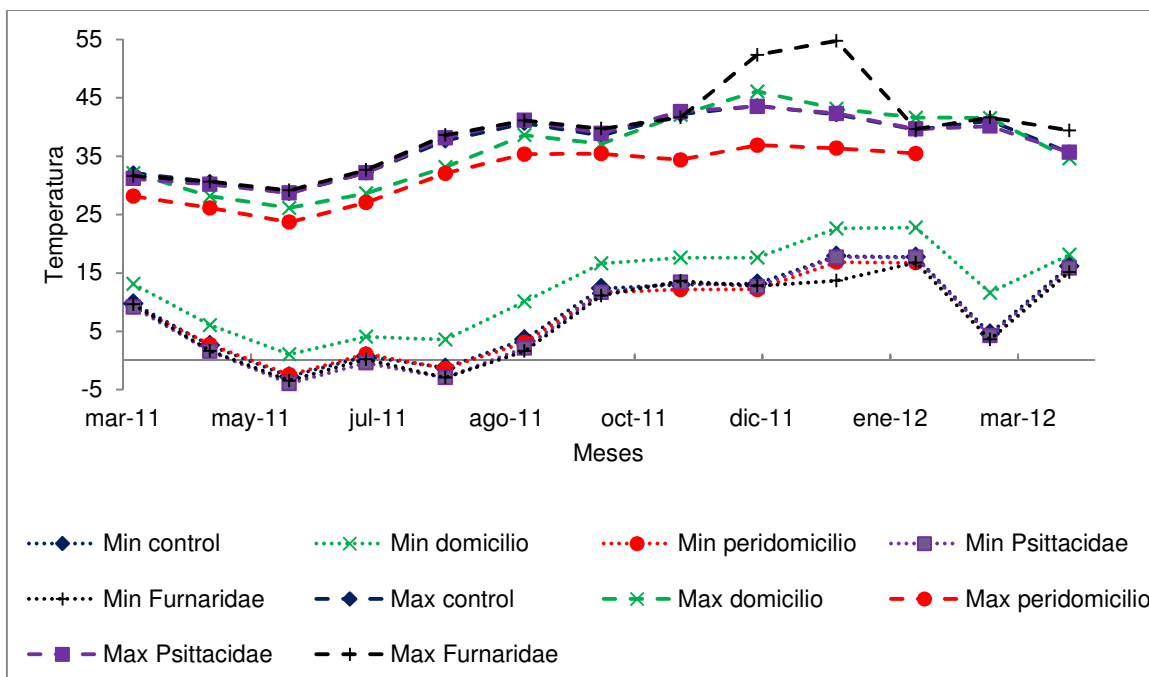


Figura 3-16 Temperaturas mínimas y máximas mensuales de la provincia de Chaco.

3.3-4.5. Temperaturas en las estaciones del año

Las temperaturas promedios horarias fluctuaron entre 10°C en invierno y 35°C en verano, con amplitudes térmicas cercanas a los 10°C, excepto en invierno que fueron cercanas a los 15°C (Figura 3-17 a Figura 3-20). Las temperaturas más frías se registraron a primeras horas de la mañana (06:00 hs) y las más elevadas en la tarde (17:00 hs). El peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron valores en las temperaturas promedios horarias similares al control; en cambio, el domicilio en todas las estaciones del año registró temperaturas superiores durante las horas nocturnas, y durante las horas diurnas valores similares al ambiente externo, excepto el invierno donde las temperaturas diurnas fueron inferiores al control (Figura 3-19).

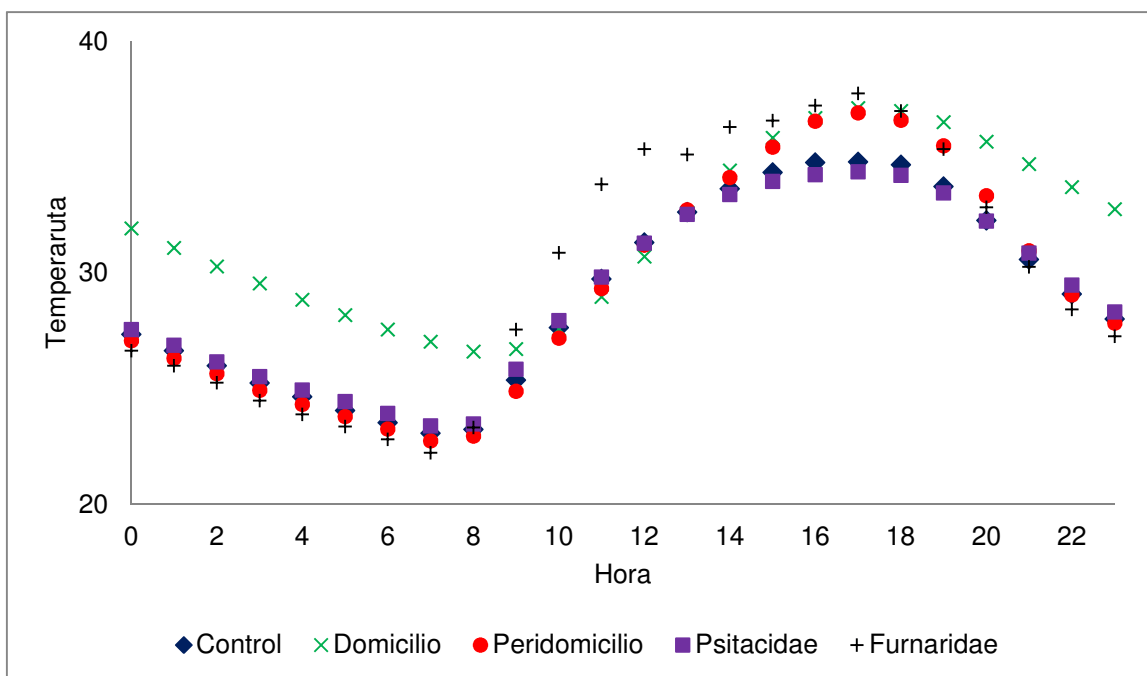


Figura 3-17 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en verano en la provincia de Chaco.

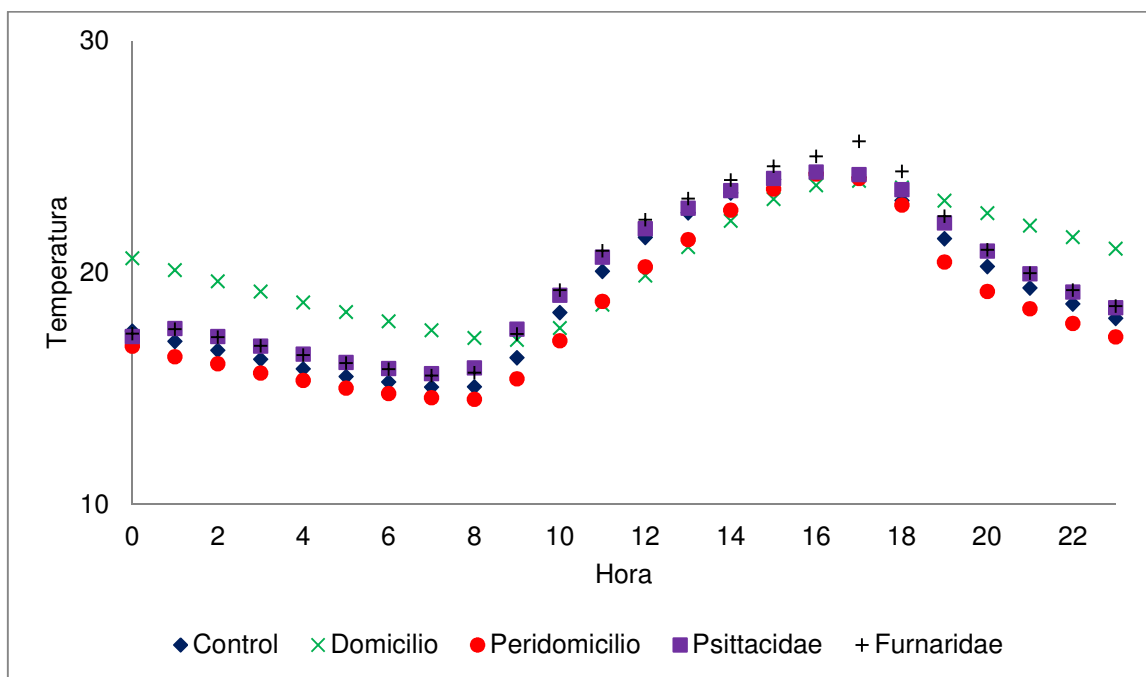


Figura 3-18 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en otoño en la provincia de Chaco.

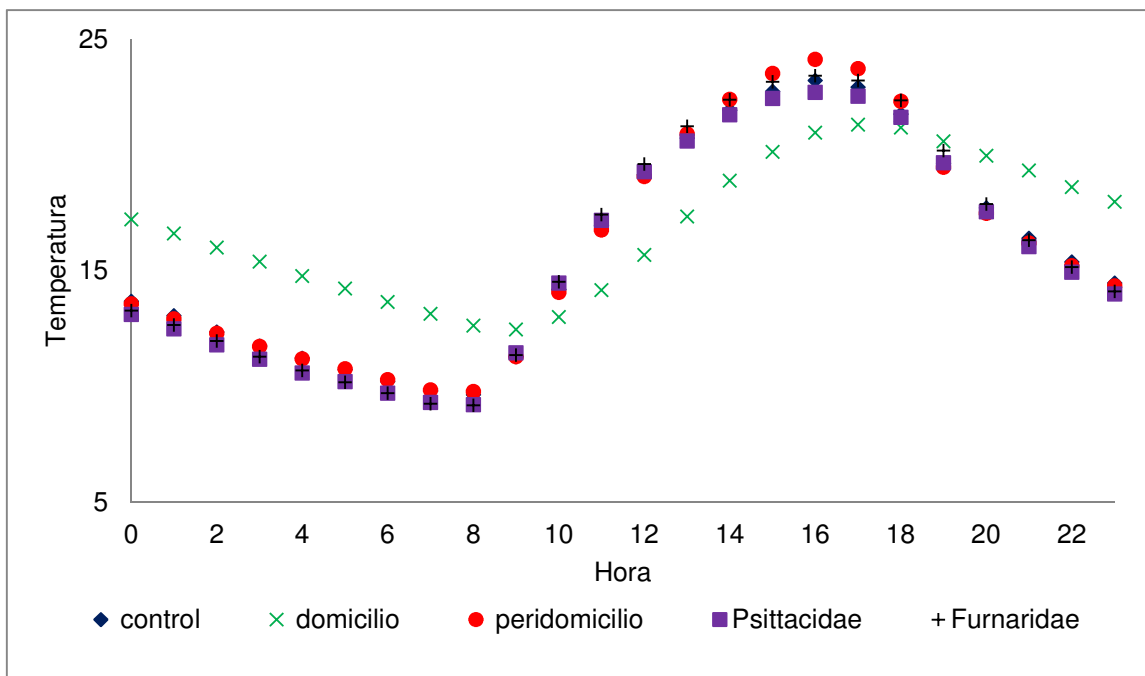


Figura 3-19 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en invierno en la provincia de Chaco.

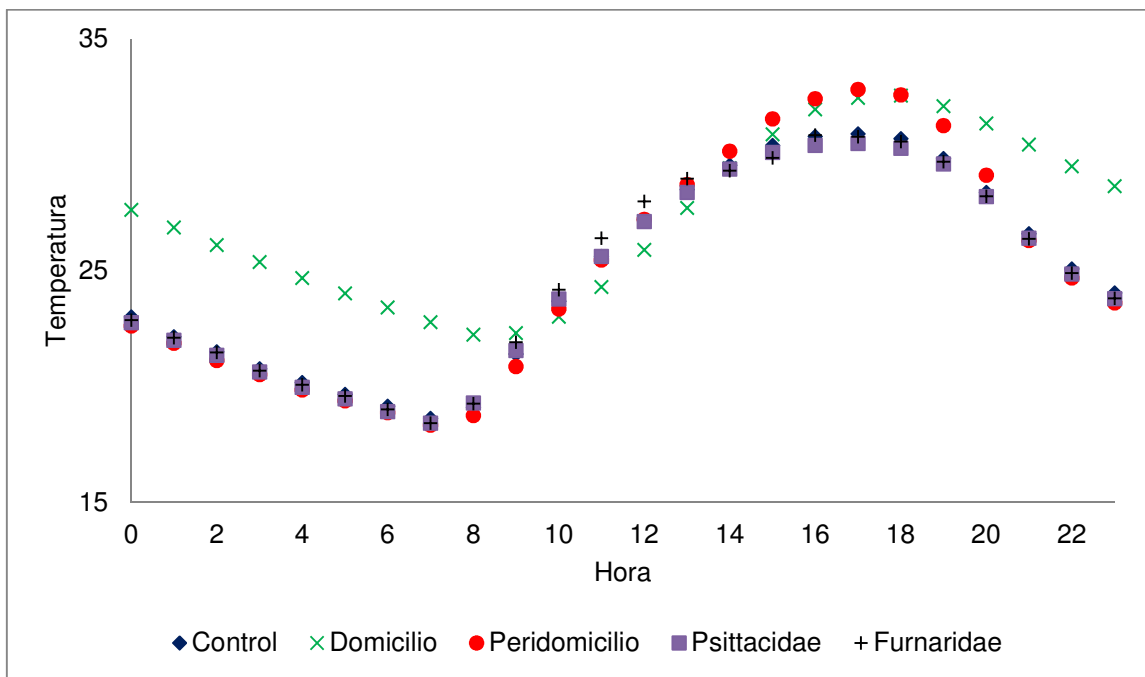


Figura 3-20 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en primavera en la provincia de Chaco.

En cuanto a las temperaturas máximas absolutas se observa que en el nido de Psittacidae y el peridomicilio se registraron valores similares al control en todas las estaciones del año, aunque en otoño el peridomicilio se diferenció del control con temperaturas menores a éste (Figura 3-22). El nido de Furnaridae muestra el mismo comportamiento que el control en las estaciones más frías (otoño-invierno), pero en primavera y verano registró valores extremos de temperaturas máximas durante las horas diurnas con picos de más de 50 °C. Las temperaturas máximas absolutas del domicilio, al igual que lo observado en los promedios horarios, fueron superiores al control durante la noche en los meses más calurosos, mientras que en invierno, durante los horas diurnas se registraron valores inferiores al control (Figura 3-21 a Figura 3-24).

Las temperaturas mínimas absolutas de todos los microhábitats y el control fluctuaron alrededor de los 15 °C en verano y primavera. En otoño, en el domicilio se registraron temperaturas superiores a 5 °C con respecto al control durante la noche. En invierno el control, el peridomicilio y los microhábitats silvestres registraron temperaturas mínimas por debajo de los 0 °C durante la madrugada (02:00 - 09:00 hs), en cambio el domicilio nunca alcanzo temperaturas inferiores a los 5 °C (Figura 3-21 a Figura 3-24).

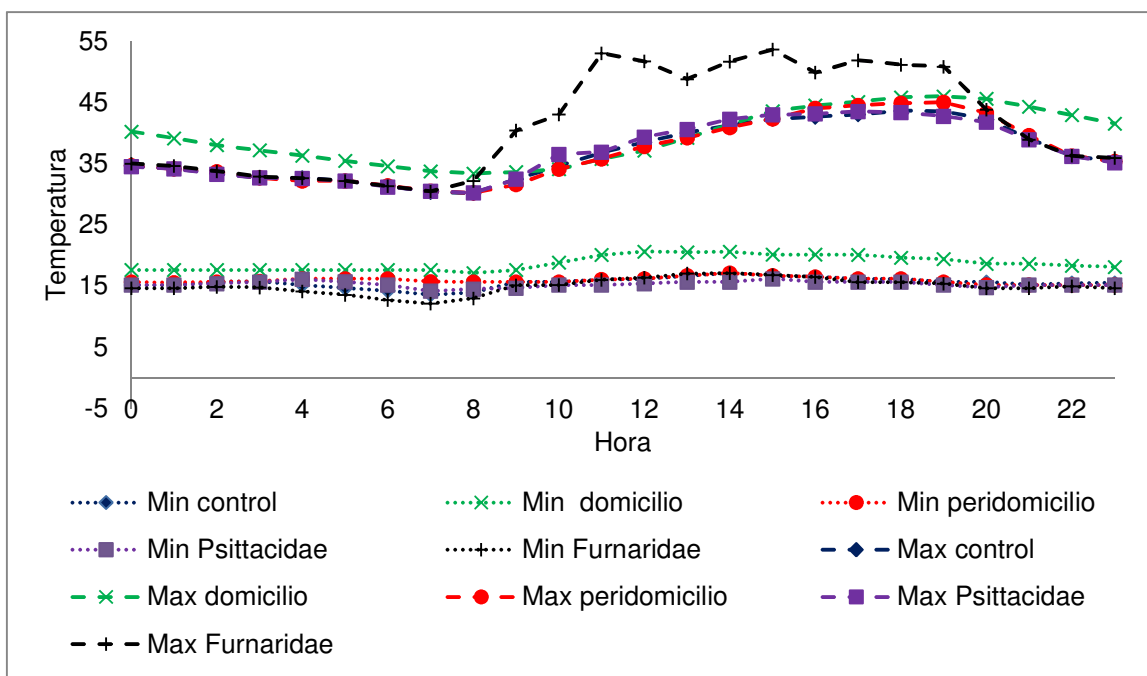


Figura 3-21 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en el verano en la provincia de Chaco.

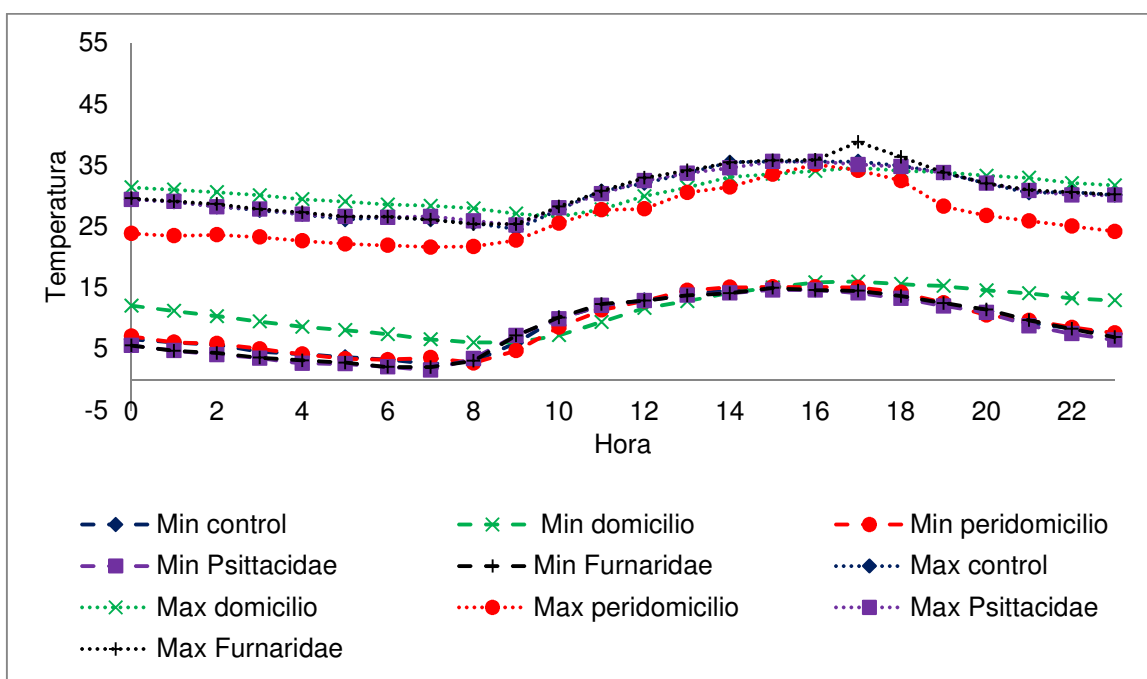


Figura 3-22 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en otoño en la provincia de Chaco.

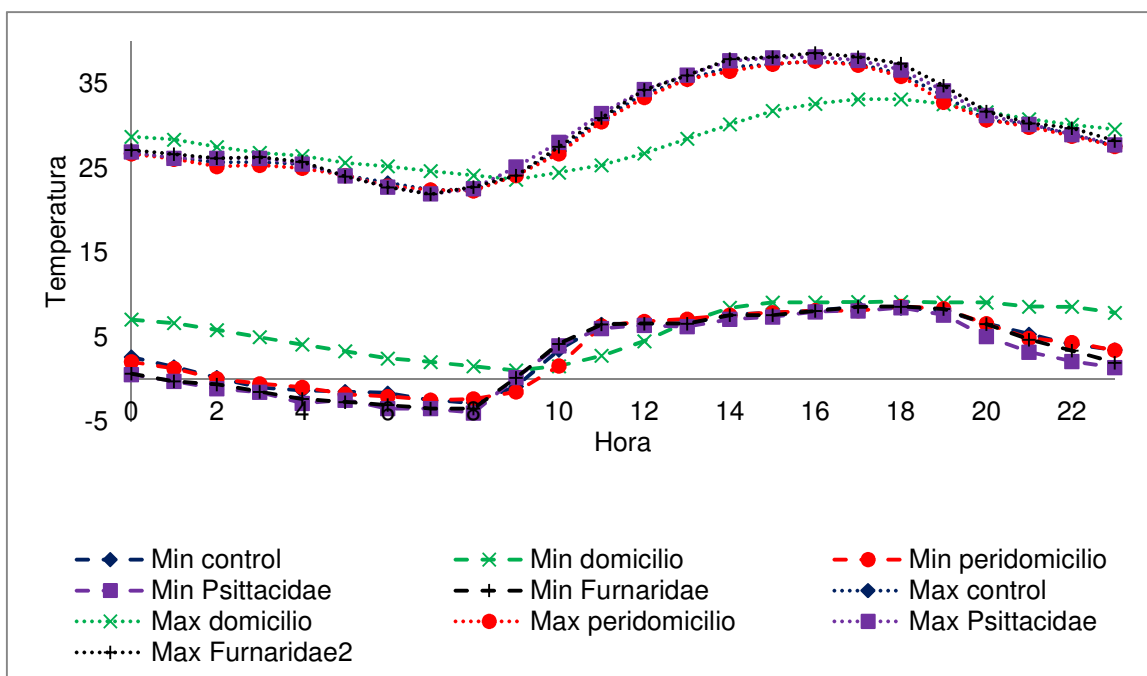


Figura 3-23 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en invierno en la provincia de Chaco.

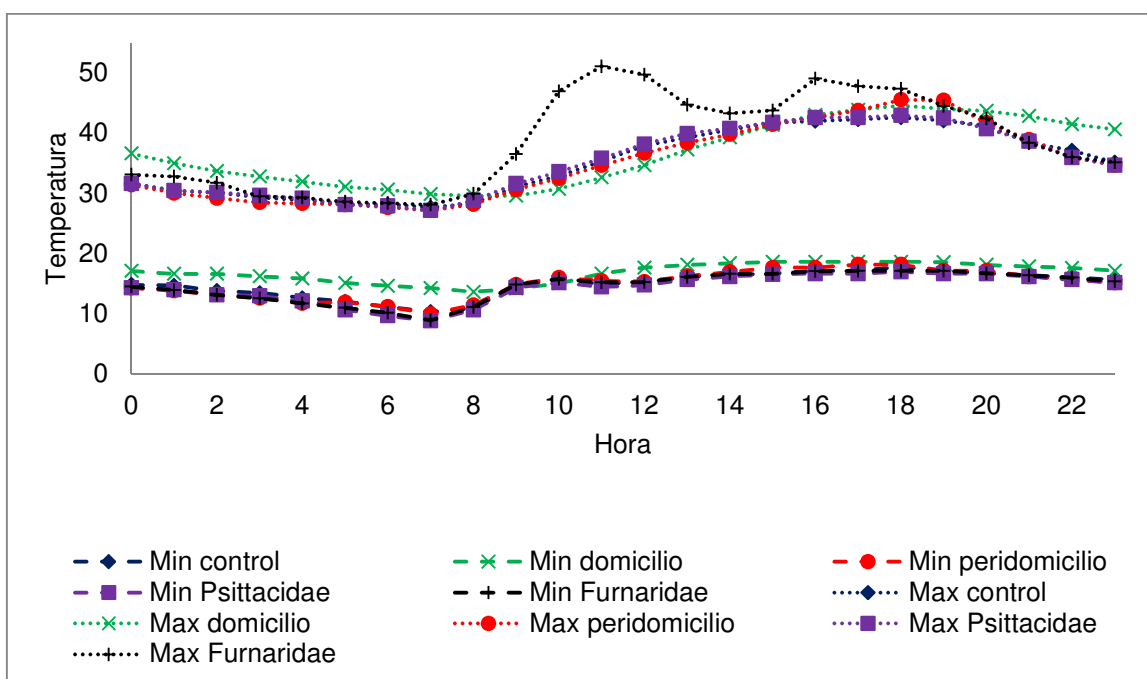


Figura 3-24 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en primavera en la provincia de Chaco.

3.3-4.6. Periodos desfavorables y favorable de temperatura

En la Tabla 3-15 se presentan la cantidad de horas en cada mes dentro de los periodos desfavorables inferior y superior ($T_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$. $T_{\max} \geq 40^{\circ}\text{C}$) y favorable (entre 15 y 40°C) de temperatura y sus respectivos porcentajes para cada mes. Solamente en junio, julio y agosto se registraron temperaturas desfavorables menores a 15°C , las cuales representaron más del 30% de las horas de cada uno de estos meses en todos los microhábitats. El peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron periodos de temperaturas favorables (entre 15 y 40°C) similares al control en todo los meses del año, excepto en el mes de enero donde el nido de Furnaridae presento un porcentaje inferior cercano al 20%. Por otro lado, el domicilio presentó, desde abril a noviembre, porcentajes superiores de horas favorables con respecto al ambiente externo, en cambio desde diciembre a febrero sus porcentajes fueron inferiores.

Los periodos desfavorables con temperaturas mayores a 40°C (T_{\max}) se presentaron principalmente de noviembre a marzo en todos los microhábitats pero con porcentajes muy bajos en cada mes, con la excepción de lo observado en el nido de Furnaridae en donde estas temperaturas representaron entre el 11 y el 21% de las horas de los meses de diciembre y enero, respectivamente.

Tabla 3-15 Temperaturas en periodos desfavorables inferior – superior y tolerable de la provincia de Chaco. T_{min} (Temperatura umbral mínima): horas del mes con temperatura ≤ a 15 °C. Tf (Temperatura favorable): horas del mes con temperatura entre 15 °C y 40 °C. T_{máx} (Temperatura umbral máxima): horas del mes con temperatura ≥ a 40 °C. %: porcentaje de horas en el mes en cada rango de temperatura. 0%: ≤ 0.5%. N/A: No Dato.

	MICROHABITAT																													
Mes	CONTROL						DOMICILIO						PERIDOMICILIO						PSITTACIDAE						FURNARIDAE					
	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%
abr-11	64	11	512	89			15	3	562	97			58	10	518	90			80	14	497	86			71	12	506	88		
may-11	232	31	513	69			146	20	599	80			226	30	519	70			237	32	507	68			226	30	519	70		
jun-11	349	48	371	52			294	41	427	59			335	47	385	53			367	51	354	49			338	47	382	53		
jul-11	388	52	356	48			369	50	376	50			386	52	358	48			383	51	362	49			387	52	358	48		
ago-11	354	48	391	52			264	35	481	65			355	48	389	52			362	49	383	51			354	48	391	52		
sep-11	147	20	571	79	3	0	51	7	670	93			141	20	578	80	2	0	169	23	548	76	4	1	158	22	558	78	5	0
oct-11	25	5	455	95					480	100			32	7	448	93			30	6	450	94			32	7	449	93		
nov-11	6	1	707	98	8	1			715	99	5	1	9	1	698	97	14	2	5	1	708	98	8	1	5	1	710	98	6	1
dic-11	6	1	708	95	31	4			703	94	42	6	8	1	698	94	38	5	10	1	702	94	33	4	13	2	648	87	83	11
ene-12			732	98	12	2			693	93	51	7			693	93	51	7			732	98	12	2			589	79	153	21
feb-12			696	100					659	95	38	5			583	97	18	3			696	100					696	100		
mar-12	33	4	706	95	6	1	9	1	723	97	13	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	32	4	709	95	4	0	46	6	682	92	17	2
abr-12			504	100					504	100			N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			504	100					504	100		

3.3-5. Humedad relativa en la provincia de Chaco

3.3-5.1. Testeo del sensor control

La regresión lineal entre los promedios diarios de humedades relativas del sensor “control” y los promedios diarios de las humedades relativas esperadas de las estaciones meteorológicas, se realizó con 2901 datos. La recta de regresión presenta un valor de correlación (R^2) menor que el obtenido en la regresión lineal entre la temperatura, pero fue significativa ($F= 1.616$, $p= 0.000$) (Figura 3-25).

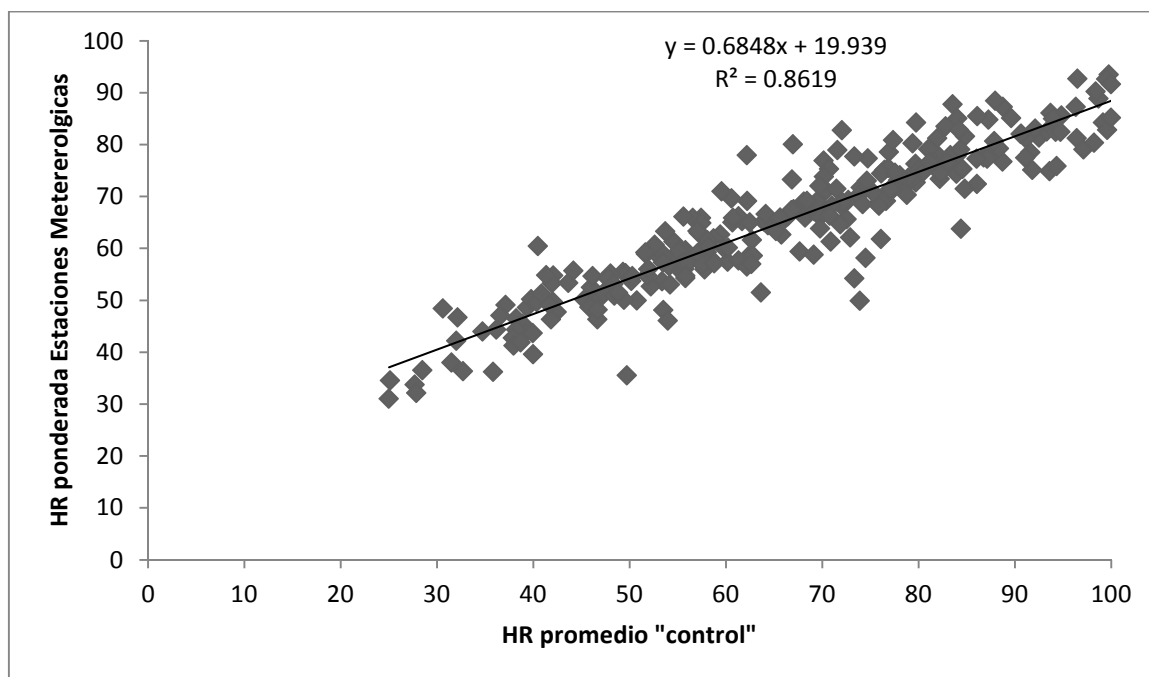


Figura 3-25 Regresión lineal de humedad relativa entre el sensor "control" y las estaciones meteorológicas de la provincia de Chaco.

3.3-5.2. Distribución de los datos en rangos de humedad relativa

Ningún sensor presentó datos por debajo del 5% de humedad relativa. El domicilio registró humedades relativas entre el 35 y el 90% con una frecuencia del 8%, mientras que no se obtuvieron valores de humedad relativa superiores al 95%. Por otro lado, el control, peridomicilio y los microhábitats silvestres mostraron un incremento de los valores de frecuencia desde el 5% al 100% de humedad relativa; solamente estos valores disminuyeron en el peridomicilio en la humedad

relativa máximas. Los microhábitats silvestres registraron sus mayores porcentajes relativos entre 95-100% (Figura 3-26).

Rangos de HR	Domicilio	Control	Peridomicilio	Nido Psittacidae	Nido Furnariidae
[0,5)					
[5,10)	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.4%
[10,15)	0.1%	0.5%	0.4%	0.5%	1.2%
[15,20)	1.0%	2.0%	1.5%	1.9%	1.6%
[20,25)	2.4%	2.8%	2.7%	2.9%	2.5%
[25,30)	3.3%	3.6%	3.6%	3.9%	3.3%
[30,35)	4.6%	4.1%	4.0%	4.3%	3.5%
[35,40)	9.1%	4.7%	4.5%	4.8%	4.0%
[40,45)	7.8%	4.4%	4.6%	4.8%	3.9%
[45,50)	8.4%	5.2%	4.9%	5.4%	4.1%
[50,55)	8.5%	5.5%	5.6%	5.7%	4.3%
[55,60)	9.0%	5.9%	6.1%	5.7%	4.8%
[60,65)	7.8%	5.9%	6.6%	6.4%	4.8%
[65,70)	9.0%	6.1%	6.8%	6.3%	4.9%
[70,75)	6.9%	6.2%	7.2%	6.2%	4.8%
[75,80)	6.9%	7.0%	8.0%	7.2%	5.4%
[80,85)	7.9%	7.7%	8.8%	7.5%	5.7%
[85,90)	6.7%	8.3%	9.5%	7.4%	6.2%
[90,95)	0.7%	9.7%	9.8%	7.3%	6.8%
[95,100]		10.0%	5.4%	11.6%	27.6%

Figura 3-26 Distribución de las humedades relativas en rangos de 5% de la provincia de Chaco.

3.3-5.3. Análisis de varianza

Los promedios mensuales de humedad relativa del peridomicilio y los microhábitats silvestres mostraron valores similares al control en todos los meses, con una diferencia menor al 3% a lo largo del año. En cambio, el domicilio mostró una menor humedad relativa promedio, con una diferencia de 8% (en promedio) en todos los meses del año y con un máximo de 12% en diciembre. El registro de todos sensores muestra que junio y julio fueron los meses más húmedos del año, mientras que febrero fue el mes más seco. En el promedio anual se observaron las mismas diferencias que lo observado para cada mes, con diferencias aproximadas de un 1% entre el control, peridomicilio y microhábitats silvestre, y

una diferencia del 8% entre el control y el domicilio. En los meses mayo, junio, julio y noviembre se observan diferencias significativas en las varianzas. En el caso de los promedios mensuales se encontraron diferencias significativas desde octubre de 2011 hasta abril de 2012 y en el promedio anual (Tabla 3-16). En dichos meses, así como en el promedio anual, el domicilio fue el único microhábitat que se diferenció del control o de los restantes microhábitats (Tabla 3-17 a Tabla 3-24). Es de remarcar que durante los meses de marzo y abril de 2012 no se obtuvieron registros en el peridomicilio debido a un error en la programación del sensor.

Tabla 3-16 Promedios, desviaciones estándar y resultados del ANOVA de humedad relativa de la provincia de Chaco en base a comparaciones entre microhábitats en cada mes. F: valor de Fischer calculado. W: valor de *t-student* calculado. df: grados de libertad. Los valores seguido por * indican diferencias significativas (*p*-valor: ≤ 0.05). N/A: No dato.

Meses	Microhábitats					Estadístico	df	<i>p</i>
	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae			
abr-11	82.50 \pm 12.11	74.29 \pm 8.90	80.66 \pm 10.96	82.09 \pm 13.40	82.01 \pm 13.61	F=1.98	4,115	0.101
may-11	85.26 \pm 7.30	81.62 \pm 5.08	83.33 \pm 6.85	83.93 \pm 8.52	83.23 \pm 9.21	W=1.38	4,74	0.439
jun-11	83.84 \pm 9.51	82.43 \pm 4.44	82.53 \pm 8.76	82.80 \pm 10.85	81.61 \pm 11.09	W=0.19	4,69	0.924
jul-11	72.05 \pm 12.59	70.81 \pm 6.59	72.73 \pm 11.22	70.90 \pm 12.44	70.82 \pm 13.49	W=0.20	4,73	0.948
ago-11	62.38 \pm 11.74	58.02 \pm 8.86	63.85 \pm 10.58	61.35 \pm 12.08	62.73 \pm 11.83	F=1.25	4,150	0.292
sep-11	50.73 \pm 15.76	43.76 \pm 9.98	52.65 \pm 14.04	50.28 \pm 16.10	51.35 \pm 15.79	F=1.71	4,145	0.151
oct-11	65.18 \pm 14.86	53.77 \pm 9.18	66.37 \pm 13.62	65.54 \pm 15.47	66.34 \pm 16.04	F=2.98	4,95	0.023*
nov-11	62.73 \pm 13.56	51.50 \pm 9.69	62.36 \pm 12.44	61.32 \pm 14.08	65.33 \pm 18.60	W=6.47	4,72	0.002*
dic-11	58.51 \pm 18.16	45.57 \pm 12.88	58.99 \pm 16.39	57.52 \pm 18.14	58.62 \pm 21.29	F=3.33	4,150	0.012*
ene-12	48.30 \pm 14.18	35.86 \pm 9.85	49.05 \pm 12.62	46.99 \pm 14.58	46.97 \pm 14.52	F=5.17	4,150	0.001*
feb-12	58.70 \pm 13.04	46.37 \pm 9.84	58.59 \pm 12.68	57.16 \pm 13.08	60.12 \pm 14.05	F=5.64	4,136	0.000*
mar-12	58.10 \pm 11.08	47.13 \pm 7.79	N/A	55.26 \pm 12.00	60.07 \pm 12.51	F=8.03	4,120	0.000*
abr-12	75.40 \pm 12.20	63.72 \pm 12.61	N/A	72.33 \pm 12.49	76.80 \pm 12.72	F=4.61	4,80	0.005*
Anual	65.98 \pm 17.60	57.79 \pm 17.44	66.31 \pm 16.65	64.71 \pm 17.93	66.10 \pm 18.27	F=15.48	4,1.789	0.000*

Tabla 3-17 Octubre 2011. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.088	-	≠	=	≠
Peridomicilio	0.99	0.043	-	=	=
Psittacidae	1	0.070	1	-	=
Furnaridae	0.99	0.044	1	1	-

Tabla 3-18 Diciembre 2011. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.035	-	≠	=	≠
Peridomicilio	1	0.026	-	=	=
Psittacidae	0.999	0.065	0.997	-	=
Furnaridae	1	0.033	1	0.999	-

Tabla 3-19 Enero 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.003	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.999	0.001	-	=	=
Psittacidae	0.995	0.01	0.973	-	=
Furnaridae	0.995	0.011	0.972	1	-

Tabla 3-20 Febrero 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística (α :0.05).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.005	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	1	0.005	-	=	=
Psittacidae	0.99	0.012	0.994	-	=
Furnaridae	0.993	0.001	0.992	0.900	-

Tabla 3-21 Marzo 2012 Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística (α :0.05).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	N/A	=	=
Domicilio	0.001	-	N/A	≠	≠
Peridomicilio	N/A	N/A	-	N/A	N/A
Psittacidae	0.744	0.025	N/A	-	=
Furnaridae	0.899	0.000	N/A	0.331	-

Tabla 3-22 Abril 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística (α :0.05).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	N/A	=	=
Domicilio	0.017	-	N/A	=	≠
Peridomicilio	N/A	N/A	-	N/A	N/A
Psittacidae	0.857	0.124	N/A	-	=
Furnaridae	0.983	0.006	N/A	0.665	-

Tabla 3-23 Promedio anual. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.000	-	=	=	=
Peridomicilio	0.999	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.867	0.000	0.762	-	=
Furnaridae	1	0.000	1	0.822	-

Tabla
3-24

Noviembre 2011. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test de HSD de Games-Howell. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.005	-	≠	=	≠
Peridomicilio	1	0.04	-	=	=
Psittacidae	0.995	0.022	0.998	-	=
Furnaridae	0.971	0.007	0.949	0.88	-

3.3-5.4. Humedad relativa mínima y máxima mensual

El control y los microhábitats silvestres registraron humedades relativas mínimas absolutas entre 8% y 40%, las cuales siguieron el mismo patrón en los diferentes meses. El peridomicilio registró valores mínimos absolutos de humedad relativa superiores al control en todos los meses del año, presentando las mayores diferencias en junio y julio. El domicilio presentó valores similares al peridomicilio desde marzo a octubre. Sin embargo, en los meses más calurosos se comportó de manera similar al control y a los microhábitats silvestres. La humedad relativa máximas absoluta osciló entre 94% y 100% en el control, peridomicilio y microhábitats silvestres, en cambio en el domicilio nunca excedió el 93%, observándose las máximas diferencias desde agosto de 2011 a marzo de 2012 con respecto a la humedad relativa ambiente (Figura 3-27).

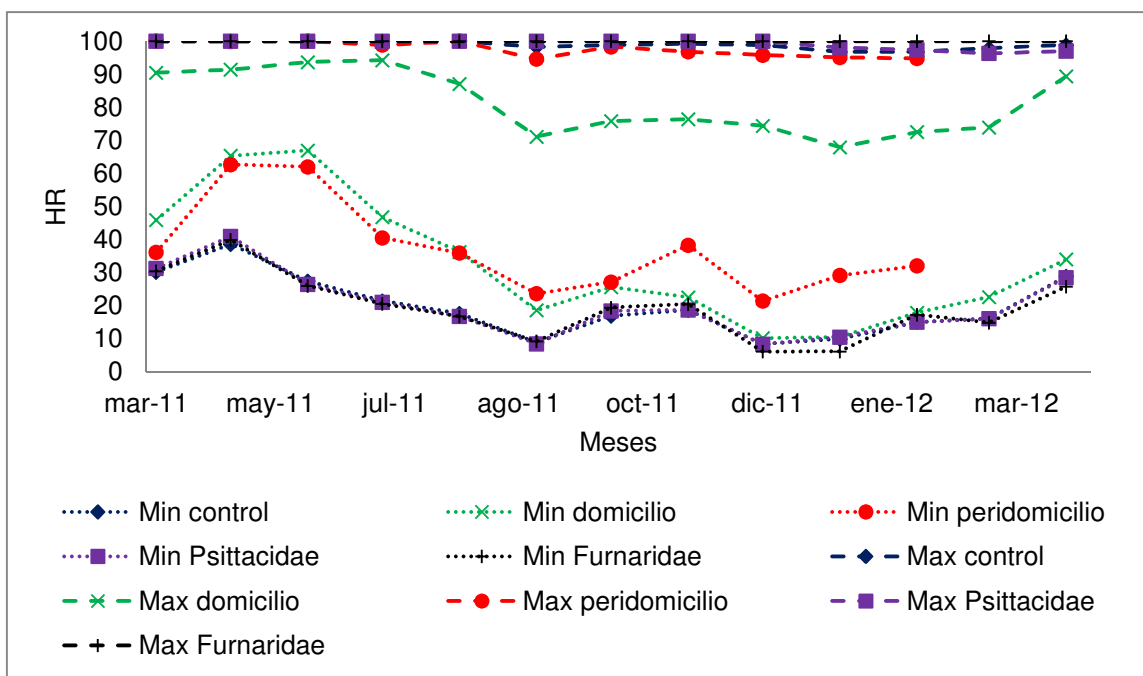


Figura 3-27 Humedad relativa mínimas y máximas mensuales de la provincia de Chaco.

3.3-5.5. Humedad relativa en las estaciones del año

Los promedios horarios de humedad relativa en el control, peridomicilio y los microhábitats silvestres fluctuaron entre 40% y 80% (invierno, primavera y verano), y entre 60% y 90% (otoño). Las humedades más elevadas se registraron en horas de la madrugada (06:00 - 08:00 hs) y las inferiores en horas de la tarde (17:00 - 18:00 hs). El domicilio presentó valores de humedad relativa estable o con muy baja fluctuación a lo largo del año, con el menor valor en verano (40%) y el mayor en otoño (70%). Durante las horas nocturnas registró humedades relativas inferiores al control y desde el mediodía hasta la tarde sus promedios fueron iguales (primavera -verano) o superiores (otoño-invierno) con respecto al ambiente (Figura 3-28 a Figura 3-31).

En el control, peridomicilio y ambientes silvestres presentaron humedades relativas máximas cercanas o iguales al 100% a lo largo de las estaciones del año, salvo en primavera que se registraron valores cercanos al 90% en horas de la tarde. En las estaciones más calurosas (primavera-verano) el domicilio registró humedades relativas máximas cercanas al 70% y en las estaciones más frías

alrededor del 90% (Figura 3-32 a Figura 3-35). El control y el nido de Psittacidae presentaron valores similares de humedades relativas mínimas absolutas en todas las estaciones del año. El nido de Furnaridae mostró el mismo patrón que el nido de Psittacidae, excepto en el verano donde se observa una rápida caída de la HR en las primeras horas de la mañana hasta llegar al 10%, manteniéndose hasta las 19:00 hs cuando comienza a incrementarse nuevamente (Figura 3-32). El peridomicilio se comportó igual que el control en el verano, invierno y primavera, pero en otoño fue el microhábitat que registró las humedades relativas mínimas más elevadas de todos los microhábitats, diferenciándose en un 20% con respecto al control (Figura 3-33). En las estaciones calurosas, el domicilio mantuvo sus humedades relativas mínimas con valores cercanos al 20%, mientras que en invierno y otoño llegaron al 30 y 40%, respectivamente. Además durante las horas nocturnas estas humedades relativas fueron inferiores al control y superiores durante la tarde, excepto en el verano donde fueron similares (Figura 3-32 a Figura 3-35).

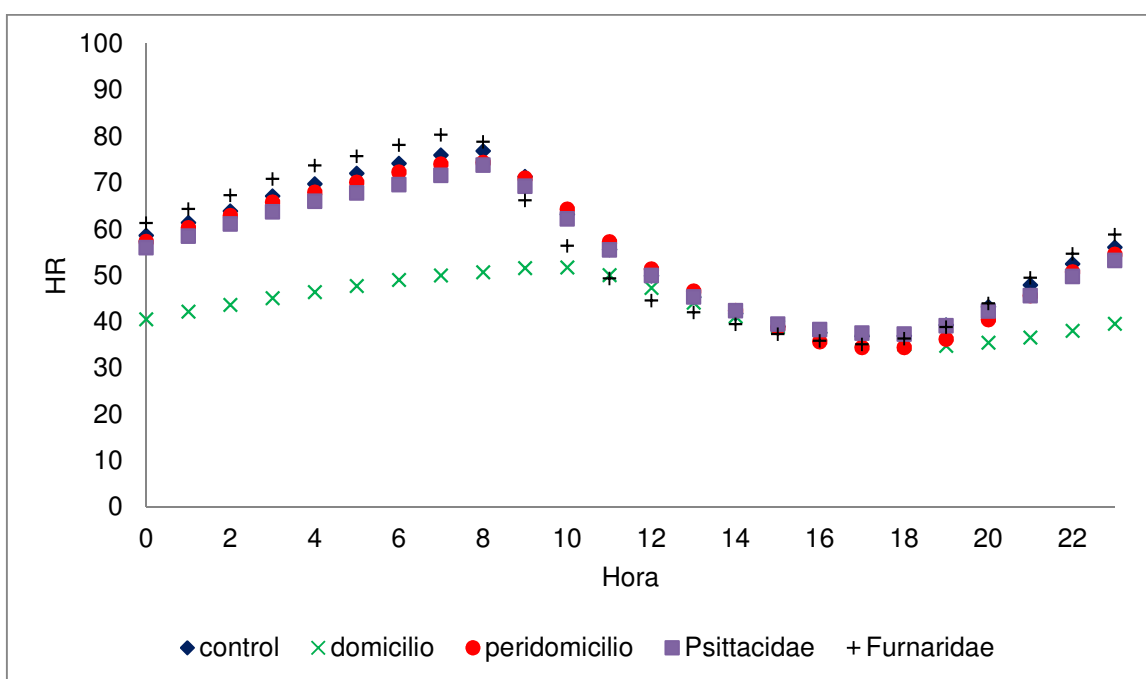


Figura 3-28 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en verano en la provincia de Chaco.

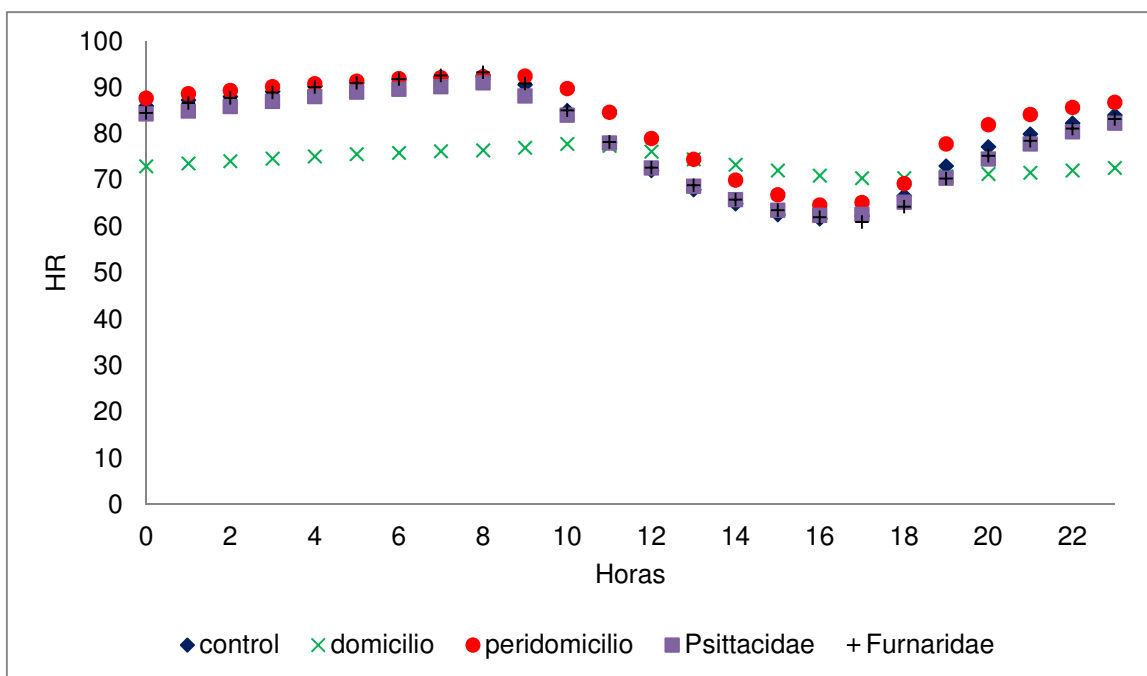


Figura 3-29 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en otoño en la provincia de Chaco.

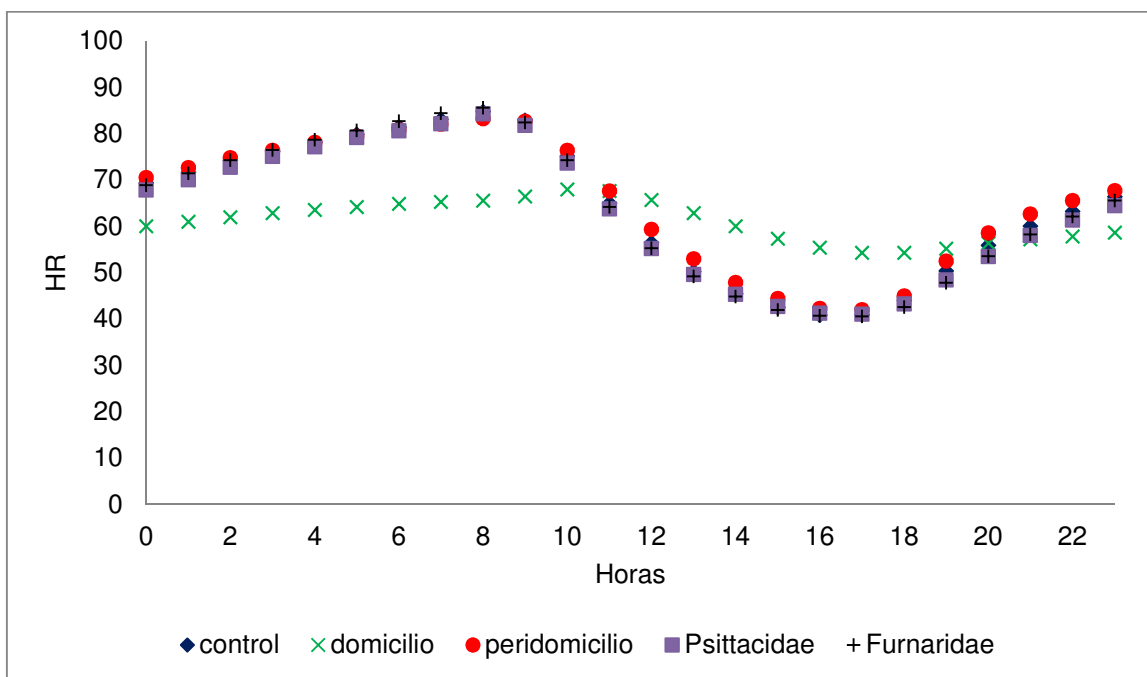


Figura 3-30 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en invierno en la provincia de Chaco.

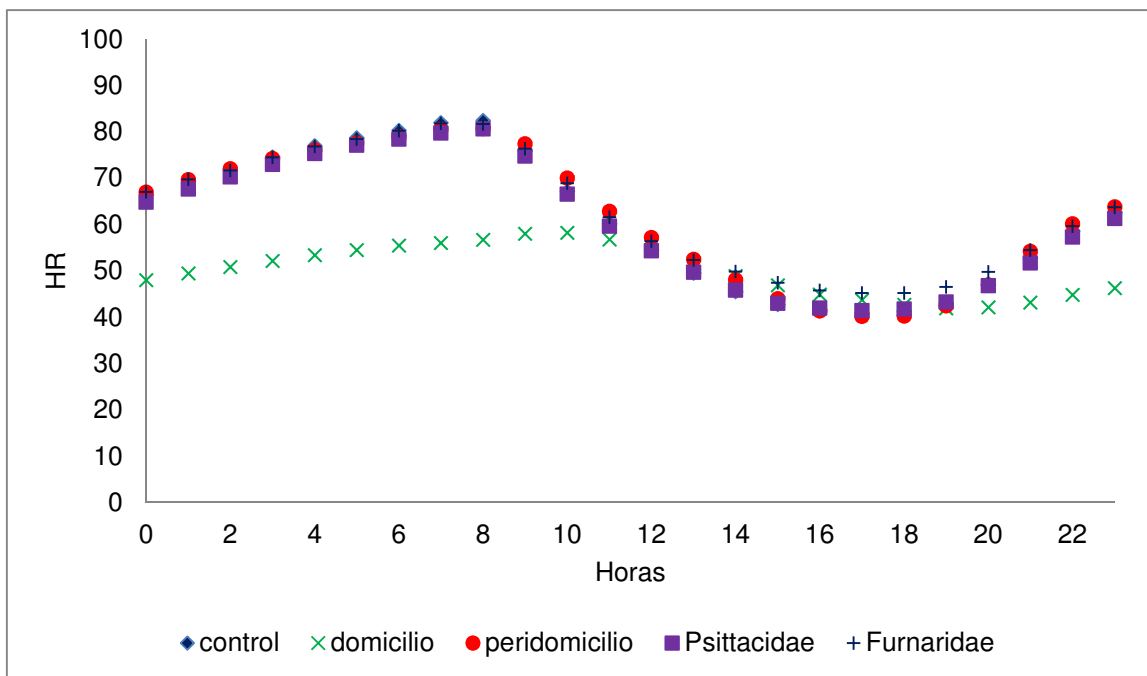


Figura 3-31 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en primavera en la provincia de Chaco.

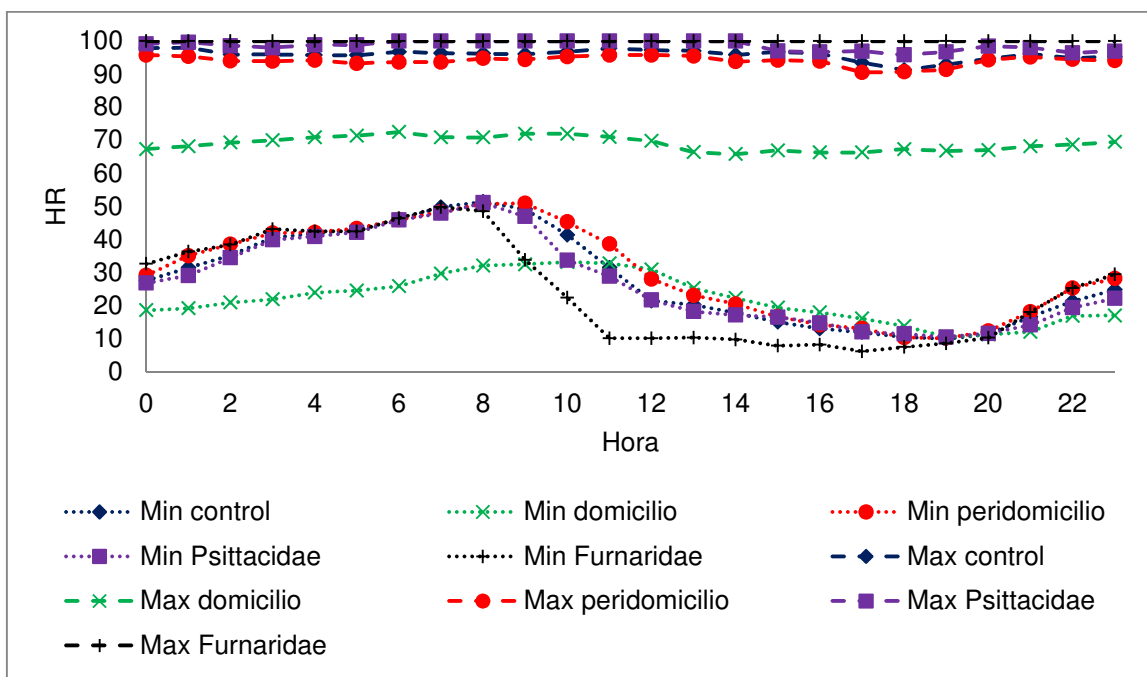


Figura 3-32 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en verano en la provincia de Chaco.

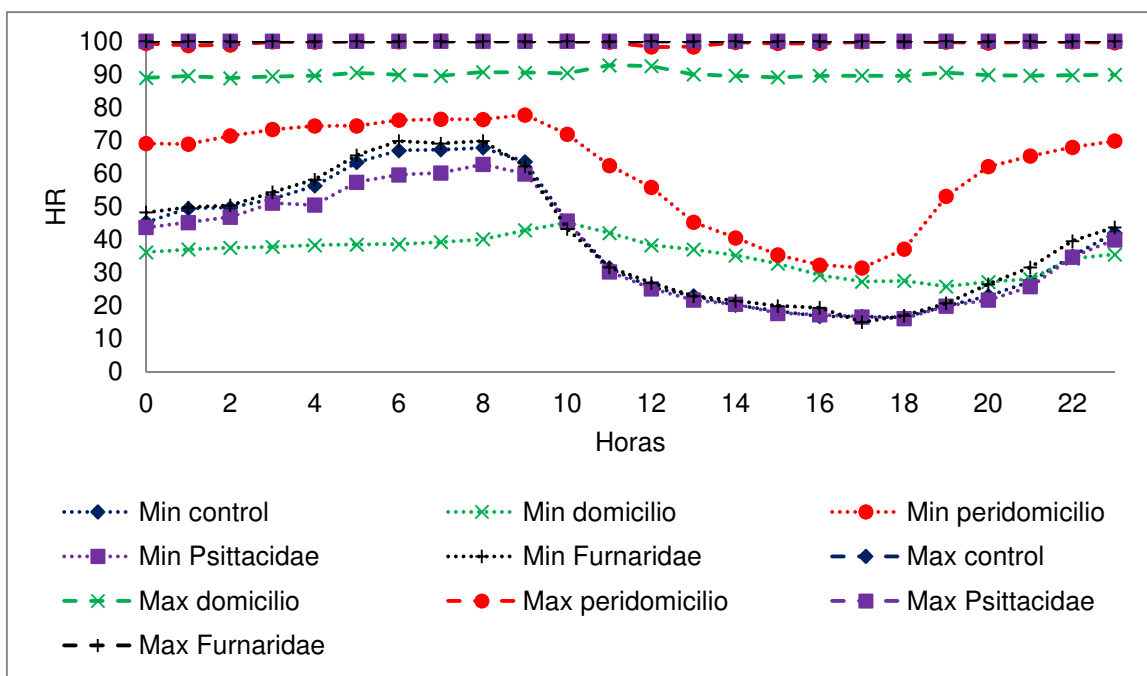


Figura 3-33 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en otoño en la provincia de Chaco.

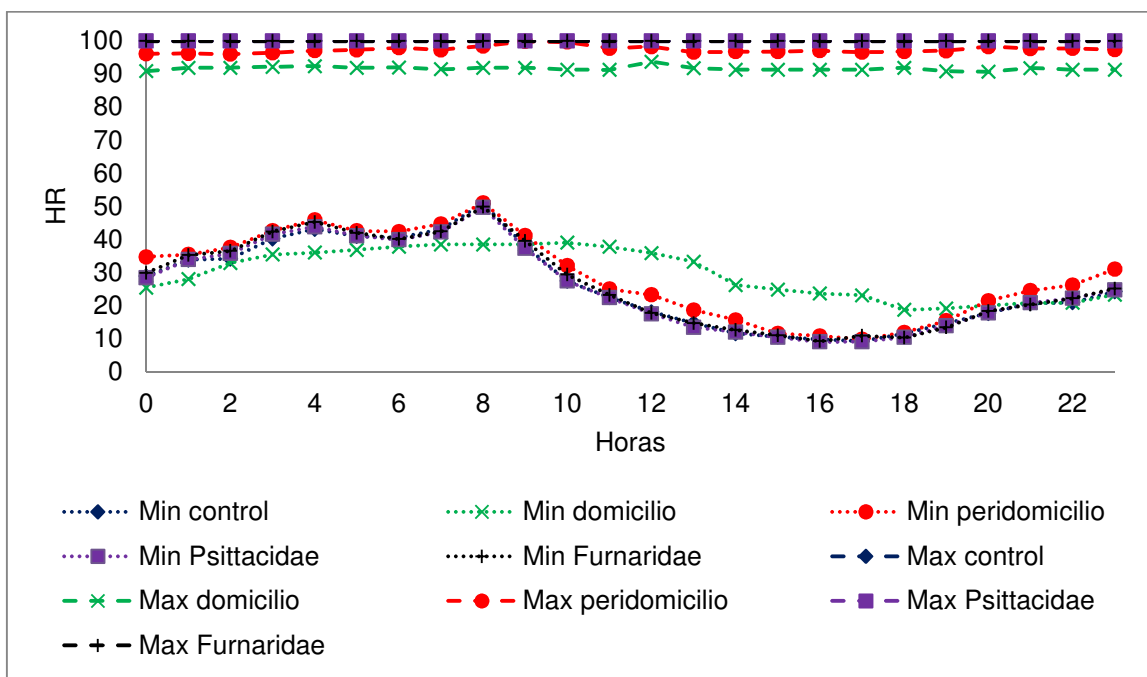


Figura 3-34 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en invierno en la provincia de Chaco.

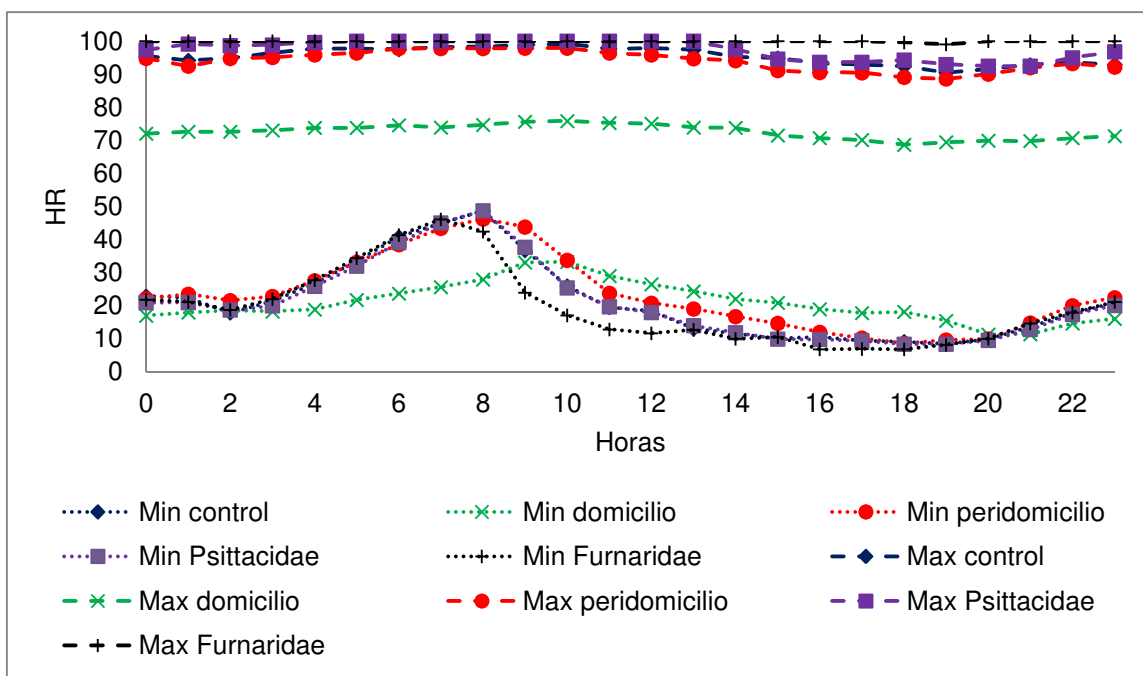


Figura 3-35 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en primavera en la provincia de Chaco.

3.3-5.6. Periodo favorable, tolerable y desfavorable de humedad relativa

La humedad relativa menor a 20% (HR_f) se observó desde agosto a septiembre en el sensor control, peridomicilio y los microhábitats silvestres. El domicilio sólo registró valores inferiores a 20% de humedad relativa en septiembre, diciembre, enero y febrero, con porcentajes inferiores o iguales al control. En todo el año se registraron humedades relativas entre 20 y 80% en todos los microhábitats y en el control. Abril, mayo y junio de 2011 fueron los meses con menor porcentaje de humedad relativa. El domicilio presentó, en promedio, un aumento del 23% de humedad relativa con respecto al ambiente durante todos los meses del año, solamente en junio registró humedades relativas inferiores al control. Los demás microhábitats muestran valores similares de humedad relativa al ambiente en todos los meses del año, excepto en enero y abril de 2012, donde el peridomicilio y el nido de Furnaridae se diferenciaron del control en un porcentaje menor al 10% y mayor al 12%, respectivamente. En cuanto a la humedad relativa desfavorable, el control, el peridomicilio y en los nidos obtuvieron porcentajes mayores al 10% en todos los meses. Por el contrario, el domicilio no

registro humedades relativas tan elevadas desde septiembre a marzo, y sus mayores valores fueron en junio y julio al igual que los demás sensores (Tabla 3-25).

Tabla 3-25 Humedad relativa clasificada en periodo favorable, tolerable y desfavorable en la provincia de Chaco. HRf (periodo favorable): horas del mes con HR \leq 20%. HRt (periodo tolerable): horas del mes con HR entre 20% y 80%. HRd (periodo desfavorable): horas del mes con HR \geq 80%. %: porcentaje de horas en el mes en cada rango de HR. 0%: \leq 0.5%. N/A: no dato.

Meses	MICROHABITAT																													
	CONTROL						DOMICILIO						PERIDOMICILIO						PSITTACIDAE						FURNARIDAE					
	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%
abr-11			191	33	385	67			386	67	190	33			204	35	372	65			212	37	364	63			209	36	367	64
may-11			194	26	550	74			262	35	482	65			204	27	540	73			221	30	523	70			235	32	509	68
jun-11			224	31	496	69			213	30	507	70			229	32	491	68			250	35	470	65			265	37	455	63
jul-11			424	57	320	43			660	89	84	11			417	56	327	44			450	60	294	40			460	62	284	38
ago-11	9	1	554	74	182	24			725	97	19	3	3	0	548	74	194	26	9	1	575	77	160	22	9	1	535	72	200	27
sep-11	79	11	546	76	95	13	2	0	718	100			47	6	591	82	82	11	83	12	546	76	91	13	74	10	539	75	107	15
oct-11	8	2	308	64	164	34			480	100			4	1	308	64	168	35	4	1	313	65	163	34	2	0	302	63	177	37
nov-11	4	0	503	70	214	30			720	100			5	1	526	73	190	26	3	0	546	76	172	24			485	67	235	33
dic-11	44	6	524	70	176	24	32	4	712	96			30	4	547	73	167	22	42	6	546	73	156	21	59	8	473	64	213	29
ene-12	75	10	593	80	76	10	59	8	685	92			67	9	614	82	63	8	72	10	608	82	64	9	133	18	517	70	94	13
feb-12	5	1	574	82	117	17	2	0	694	100			6	1	494	82	105	17	6	1	590	85	100	14	4	1	549	79	143	21
mar-12	16	2	582	78	147	20			744	100			N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	16	2	649	87	80	11	10	1	563	76	171	23
abr-12			252	50	252	50			431	86	73	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			313	62	191	38			242	48	262	52

3.3-6. Interacción temperatura y humedad relativa en la provincia de Chaco

3.3-6.1. Periodo favorable y desfavorable de temperatura y humedad relativa en la provincia de Chaco

La combinación de T_{\min} ($\leq 15^{\circ}\text{C}$) o T_{\max} ($\geq 40^{\circ}\text{C}$) y HR_d ($\geq 80\%$) del control, peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron valores similares en todos los meses del año, con al menos un 10% de las horas en cada mes con periodos desfavorables. En cambio, el domicilio desde septiembre a marzo nunca supero ese porcentaje de horas desfavorables. Desde abril a agosto, los sensores colocados en el ambiente externo (control), peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron más del 50% de las horas del mes con temperaturas y HR desfavorables. Por el contrario, el domicilio solamente mostró dicho porcentaje en los meses de mayo y junio. Además, este microhábitat fue el único que superó el 90% de las horas con periodos tolerables (temperaturas entre 15°C y 40°C y HR entre 0 y 80%) durante los meses de primavera y verano (Tabla 3-26).

Tabla 3-26 Temperatura y humedad relativa en periodo desfavorable y tolerable en la provincia de Chaco. D (periodo desfavorable): horas del mes con temperatura $\leq 15^{\circ}\text{C}$ o $\geq 40^{\circ}\text{C}$ y HR $\geq 80\%$. T (periodo tolerable): horas del mes con temperatura entre 15°C y 40°C y HR entre 0 y 80%.%: porcentaje de horas en el mes en cada rango. N/A: no dato.

Mes	MICROHABITAT																			
	CONTROL				DOMICILIO				PERIDOMICILIO				PSITTACIDAE				FURNARIDAE			
	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%
abr-11	385	67	192	33	200	35	377	65	375	65	201	35	372	65	204	35	377	65	200	35
may-11	557	75	188	25	549	74	195	26	548	74	196	26	540	73	204	27	530	71	215	29
jun-11	563	78	157	22	588	82	133	18	555	77	165	23	556	77	164	23	540	75	181	25
jul-11	508	68	237	32	405	54	340	46	503	68	241	32	493	66	251	34	497	67	248	33
ago-11	393	53	352	47	264	35	480	65	395	53	350	47	395	53	350	47	393	53	351	47
sep-11	197	27	523	73	51	7	670	93	192	27	528	73	215	30	505	70	217	30	504	70
oct-11	167	35	313	65			480	100	173	36	308	64	168	35	312	65	180	38	300	63
nov-11	224	31	496	69	5	1	715	99	208	29	513	71	184	25	537	75	246	34	474	66
dic-11	208	28	537	72	42	6	703	94	206	28	538	72	192	26	553	74	297	40	447	60
ene-12	88	12	656	88	51	7	693	93	114	15	630	85	76	10	668	90	247	33	498	67
feb-12	117	17	579	83	38	5	659	95	219	31	478	69	100	14	596	86	144	21	553	79
mar-12	175	23	570	77	22	3	723	97	N/A	N/A	N/A	N/A	114	15	630	85	212	28	532	72
abr-12	252	50	252	50	73	14	431	86	N/A	N/A	N/A	N/A	191	38	314	62	262	52	242	48

3.3-7. Temperatura en la provincia de Córdoba

3.3-7.1. Testeo del sensor control

Las estaciones meteorológicas de la provincia de Córdoba poseían un registro casi completo de los datos, por lo que se obtuvieron 9071 datos desde el 25 de abril de 2012 al 15 de mayo de 2013.

El modelo de regresión lineal entre los promedios diarios de temperatura del sensor control y los promedios diarios de temperatura de las cinco estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional presenta un alto nivel de significancia ($F = 7.057$, $p = 0.000$) (Figura 3-36).

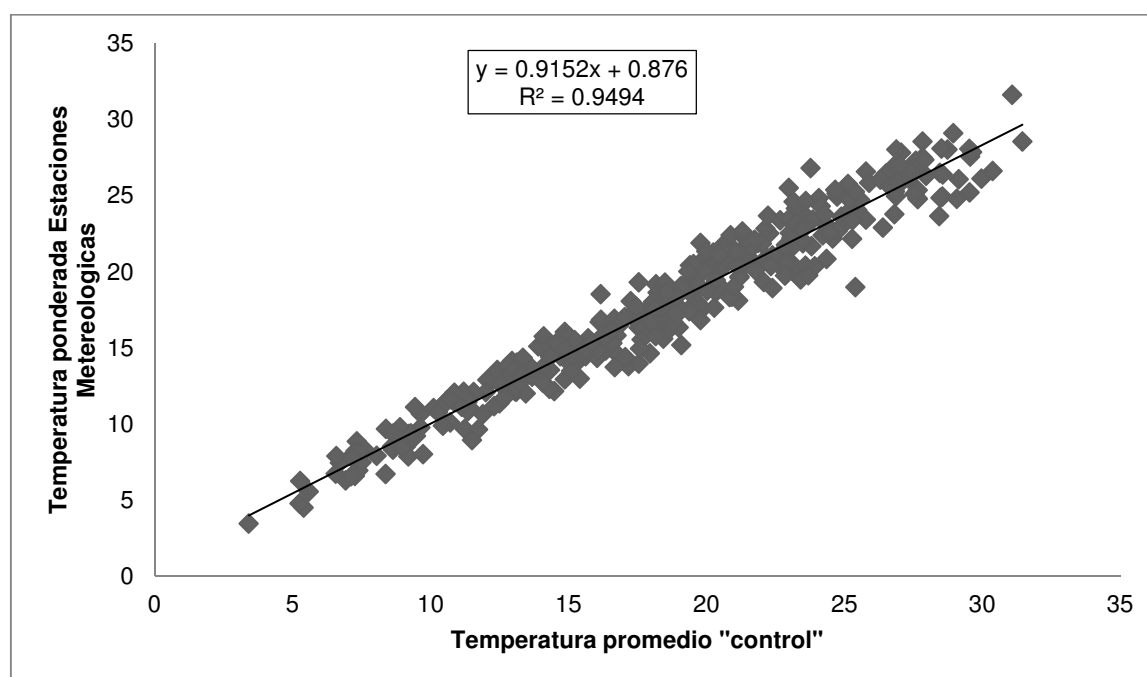


Figura 3-36 Regresión lineal de temperatura entre el sensor "control" y las estaciones meteorológicas de la provincia de Córdoba.

3.3-7.2. Distribución de los datos en rangos de temperatura

Los mayores porcentajes de datos de temperatura se encuentran entre los 14°C y los 26°C para los sensores control, peridomicilio y los microhábitats silvestres, con la mediana entre 17 °C para el nido de Furnaridae y 18°C para los demás sensores. En el domicilio estos porcentajes se concentran entre los 14°C y

los 28 °C y la mediana se desplaza hacia la derecha a los 21 °C. Los sensores colocados en los microhábitats silvestres fueron los únicos que registraron temperaturas por debajo de los -4 °C y junto al control y al peridomicilio registraron valores inferiores a los 0 °C. El domicilio no registró temperaturas inferiores a los 6 °C ni superiores a los 36 °C. El nido de Furnaridae fue el microhábitat que obtuvo temperaturas similares al sensor control (Figura 3-37).

Rango de Temperatura	Domicilio	Control	Peridomicilio	Nido Psitacidae	Nido Furnaridae
[-6,-4)				0.1%	0.2%
[-4,-2)		0.1%	0.2%	0.3%	0.6%
[-2,0)		0.4%	0.4%	0.4%	0.5%
[0,2)		0.9%	0.9%	1.0%	1.2%
[2,4)		1.7%	1.7%	1.6%	1.9%
[4,6)		2.5%	2.3%	2.4%	2.7%
[6,8)	0.5%	3.5%	3.7%	3.8%	3.8%
[8,10)	2.5%	4.6%	4.6%	4.2%	4.3%
[10,12)	5.4%	5.7%	6.1%	6.0%	6.6%
[12,14)	7.9%	8.8%	9.0%	8.8%	9.3%
[14,16)	8.9%	10.1%	10.5%	9.9%	11.5%
[16,18)	9.6%	11.5%	12.8%	11.1%	12.4%
[18,20)	10.9%	10.4%	10.6%	11.8%	10.5%
[20,22)	11.9%	9.0%	9.4%	10.4%	9.7%
[22,24)	11.3%	7.0%	7.5%	9.2%	6.6%
[24,26)	11.1%	5.6%	5.7%	7.2%	4.9%
[26,28)	10.7%	4.8%	4.7%	5.2%	3.3%
[28,30)	5.5%	4.0%	3.7%	3.3%	2.6%
[30,32)	2.8%	3.3%	2.8%	1.9%	2.1%
[32,34)	0.9%	2.2%	1.8%	1.3%	1.8%
[34,36)	0.1%	1.7%	1.2%	0.3%	1.2%
[36,38)		1.2%	0.4%	0.1%	1.0%
[38,40)		0.4%	0.1%	0.0%	0.6%
[40,42)		0.3%	0.0%		0.3%
[42,44)		0.0%	0.0%		0.2%
[44,46)		0.0%			0.1%
[46,48)		0.0%			0.0%
[52,54)		0.0%			

Figura 3-37 Distribución de temperaturas en rangos de 2°C de la provincia de Córdoba.

3.3-7.3. Análisis de varianza

El test de Levene no presentó diferencias significativas en las varianzas en todos los meses del año. Al analizar los promedios mensuales, el test de HSD de Tukey no presentó diferencias significativas en los meses de junio, agosto,

septiembre y octubre de 2012 (Tabla 3-27). Para el mes de julio el estadístico F mostró un *p-valor* inferior al nivel de significancia, pero al observar el test de Tukey no se encontraron diferencias entre los microhábitats. En todos los meses en los que el test de Tuckey presentó diferencias significativas, el domicilio fue el único microhábitat que se diferenció del control y/o de los demás microhábitats. En los meses más calurosos (diciembre, enero y febrero) como los más fríos (mayo y julio) presentó diferencias con el peridomicilio y los microhábitats silvestres. Solamente en el mes de abril de 2013 los microhábitats silvestres mostraron diferencias significativas con respecto al sensor control. Por el contrario, en el peridomicilio no se observan diferencias significativas con respecto al control en todos los meses del año (Tabla 3-28 a Tabla 3-37). El mes más frío del año fue julio con un promedio de temperatura cercano a los 9°C, mientras que el más caluroso fue enero con 26°C. Durante todos los meses, el domicilio registró en promedio 2°C superiores al ambiente, presentando el mayor valor en el promedio anual de temperatura.

Tabla 3-27 Promedios, desviaciones estándar y resultados del ANOVA de temperaturas de la provincia de Córdoba en base a comparaciones entre microhábitats en cada mes. F: valor de Fischer calculado. df: grados de libertad. Los valores seguido por * indican diferencias significativas (p -valor: ≤ 0.05).

Meses	Microhábitats					F	df	p
	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae			
may-12	16.51 \pm 3.03	18.41 \pm 2.40	16.47 \pm 3.09	16.02 \pm 3.22	15.67 \pm 3.54	3.540	4,145	0.009*
jun-12	11.47 \pm 4.02	13.69 \pm 3.01	11.78 \pm 3.94	10.97 \pm 4.25	10.83 \pm 4.44	2.520	4,145	0.044
jul-12	9.09 \pm 2.77	11.57 \pm 2.02	9.44 \pm 2.74	8.73 \pm 2.87	8.46 \pm 3.06	6.189	4,145	0.000
ago-12	13.11 \pm 3.62	14.44 \pm 2.37	13.26 \pm 3.54	12.96 \pm 3.55	12.47 \pm 3.50	1.459	4,150	0.218
sep-12	16.56 \pm 3.48	17.45 \pm 2.72	16.44 \pm 3.36	16.13 \pm 3.45	15.58 \pm 3.82	1.165	4,145	0.329
oct-12	19.25 \pm 2.77	19.79 \pm 2.21	18.64 \pm 2.74	19.00 \pm 2.97	18.72 \pm 3.18	0.857	4,150	0.491
nov-12	23.85 \pm 2.96	25.56 \pm 2.06	22.78 \pm 3.01	23.55 \pm 2.90	23.41 \pm 3.23	3.454	4,125	0.010*
dic-12	25.05 \pm 2.69	26.76 \pm 1.68	23.62 \pm 2.69	23.95 \pm 2.97	24.51 \pm 2.83	6.925	4,150	0.000*
ene-13	26.40 \pm 2.57	27.80 \pm 1.47	24.84 \pm 2.55	25.09 \pm 2.58	25.86 \pm 2.64	7.477	4,150	0.000*
feb-13	24.24 \pm 3.64	26.23 \pm 2.88	22.95 \pm 3.58	22.78 \pm 3.62	22.62 \pm 4.00	4.713	4,125	0.001*
mar-13	21.06 \pm 2.97	23.37 \pm 2.24	19.93 \pm 2.96	19.78 \pm 3.01	19.44 \pm 2.97	9.792	4,150	0.000*
abr-13	19.40 \pm 1.76	21.96 \pm 1.35	18.35 \pm 1.94	17.85 \pm 2.39	17.06 \pm 2.20	27.909	4,145	0.000*
may-13	17.11 \pm 3.08	20.15 \pm 1.45	16.49 \pm 3.13	16.21 \pm 3.50	15.52 \pm 3.43	5.327	4,70	0.001*
Anual	18.68 \pm 6.09	20.48 \pm 5.65	18.06 \pm 5.55	17.91 \pm 5.91	17.71 \pm 6.20	13.63	4,1.855	0.000*

Tabla 3-28 Mayo 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.123	-	=	≠	≠
Peridomicilio	1.00	0.110	-	=	=
Psittacidae	0.974	0.026	0.981	-	=
Furnaridae	0.834	0.007	0.856	0.992	-

Tabla 3-29 Julio 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.005	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.987	0.024	-	=	=
Psittacidae	0.987	0.001	0.854	-	=
Furnaridae	0.902	0.000	0.628	0.995	-

Tabla 3-30 Noviembre 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.204	-	≠	=	=
Peridomicilio	0.662	0.006	-	=	=
Psittacidae	0.995	0.089	0.871	-	=
Furnaridae	0.981	0.058	0.932	1.000	-

Tabla 3-31 Diciembre 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.078	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.206	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.469	0.000	0.928	-	=
Furnaridae	0.929	0.008	0.666	0.916	-

Tabla
3-32
Enero
2013.

Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.152	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.086	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.210	0.000	0.994	-	=
Furnaridae	0.906	0.016	0.452	0.714	-

Tabla 3-33 Febrero 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.268	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.694	0.001	-	=	=
Psittacidae	0.578	0.006	1.000	-	=
Furnaridae	0.477	0.004	0.997	1.000	-

Tabla 3-34 Marzo 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.015	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.523	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.390	0.000	1.000	-	=
Furnaridae	0.171	0.000	0.962	0.991	-

Tabla 3-35 Abril 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	≠	≠
Domicilio	0.000	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.237	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.023	0.000	0.868	-	=
Furnaridae	0.000	0.000	0.089	0.526	-

Tabla

3-36 Mayo 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.056	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.980	0.012	-	=	=
Psittacidae	0.925	0.006	0.999	-	=
Furnaridae	0.604	0.001	0.925	0.971	-

Tabla 3-37 Anual. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.000	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.611	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.387	0.000	0.997	-	=
Furnaridae	0.166	0.000	0.927	0.991	-

3.3-7.4. Temperatura mínima y máxima mensual

El control, el peridomicilio y los microhábitats silvestres presentaron valores similares de temperaturas mínimas absolutas durante todo el año, con temperaturas inferiores a los 0°C desde mayo a julio. En cambio, el domicilio mantuvo sus temperaturas mínimas cercanas a los 15°C en todos los meses del año. En cuanto a las temperaturas máximas absolutas mensuales, el peridomicilio y el nido de Furnaridae registraron valores similares al ambiente en todos los meses del año, excepto en los meses de diciembre y enero donde el sensor control registró temperaturas más elevadas que dichos microhábitats. Desde mayo a septiembre, el nido de Psittacidae se comportó de igual manera que el peridomicilio y el nido de Furnaridae. A partir de octubre hasta enero, este microhábitat registró temperaturas máximas superiores a los anteriores microhábitats, siendo en los meses de diciembre y enero sus temperaturas máximas similares al control. Luego, desde febrero hasta marzo se comportó de igual manera que el nido de Furnaridae. El domicilio registro temperaturas máximas absolutas menores al control y los demás microhábitats, excepto en los meses de febrero, marzo y abril de 2013 donde sus valores fueron similares a al nido de Furnaridae (Figura 3-38).

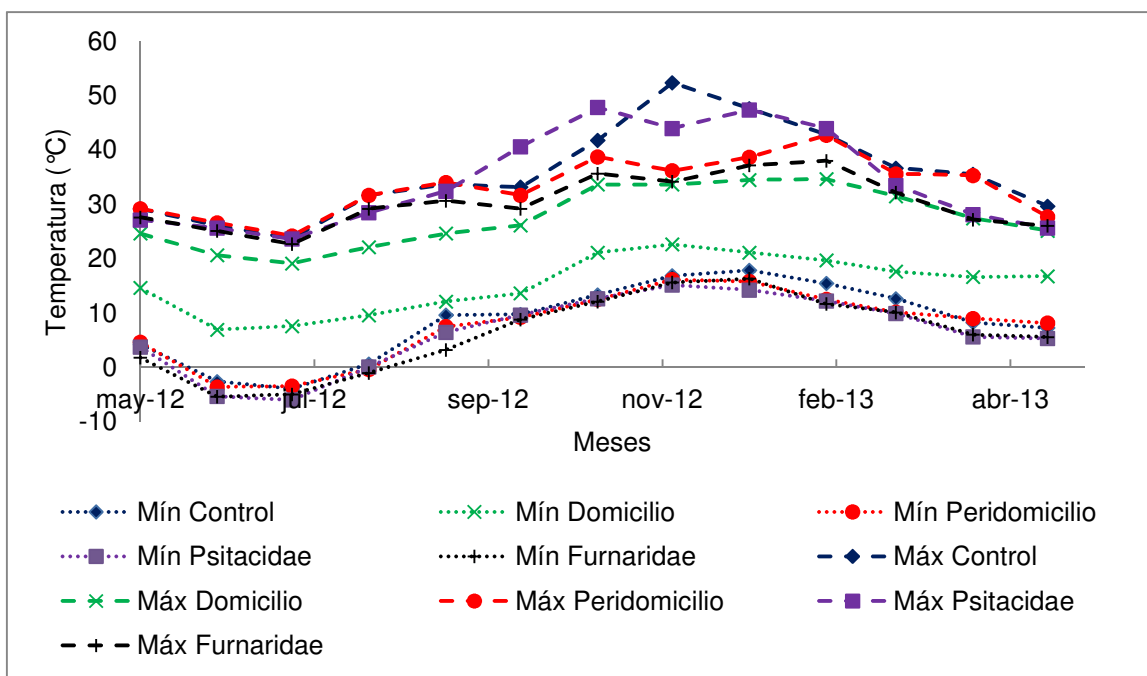


Figura 3-38 Temperaturas mínimas y máximas mensuales de la provincia de Córdoba.

3.3-7.5. Temperaturas en las estaciones del año

Los promedios horarios (promedios en las horas en cada estación del año) de temperatura en domicilio se mantuvieron relativamente estables independientemente de la estación del año, con valores mínimos de 15°C en invierno, 20°C en otoño y 25°C en primavera-verano. Además este microhábitat registró, en todas las estaciones del año, siempre temperaturas superiores durante la noche e inferiores durante el día con respecto al control. Solamente, en la primavera y verano, el nido de Psittacidae durante las horas nocturnas registró valores superiores al control. Los demás microhábitats (peridomicilio y nido de Furnaridae) durante la noche presentaron promedios horarios de temperatura similares al control, pero en las horas diurnas en el ambiente existieron temperaturas superiores a todos los microhábitats (incluso al domicilio), excepto en el invierno que fueron similares al peridomicilio y a los microhábitats silvestres (Figura 3-39 a Figura 3-42).

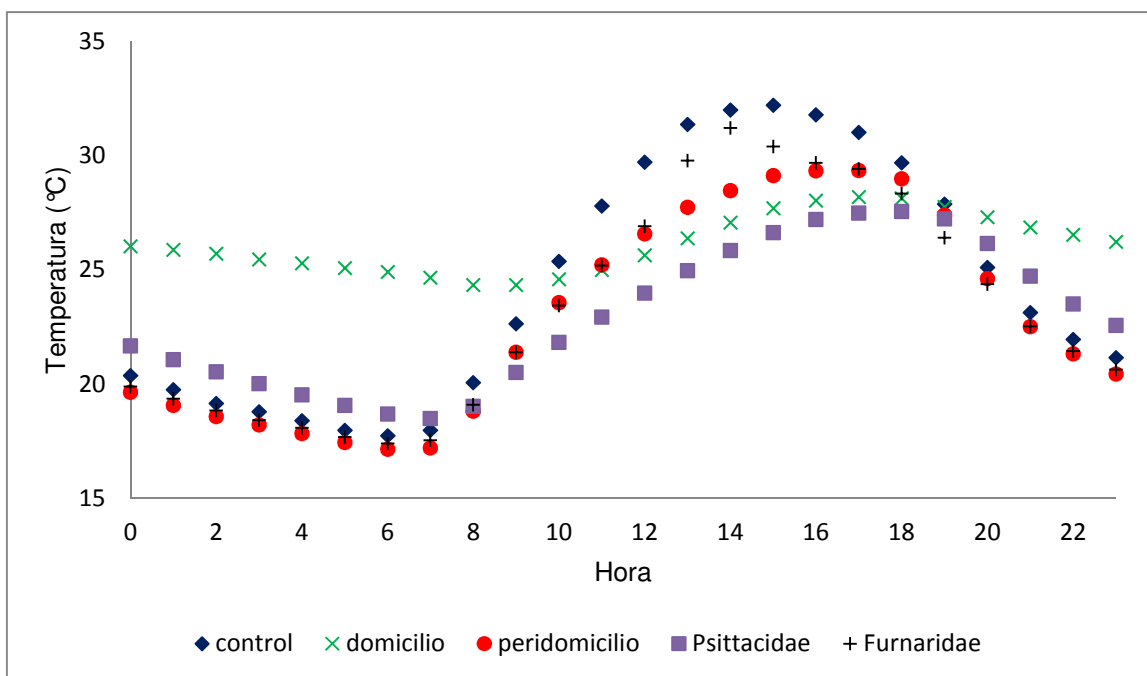


Figura 3-39 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en verano en la provincia de Córdoba.

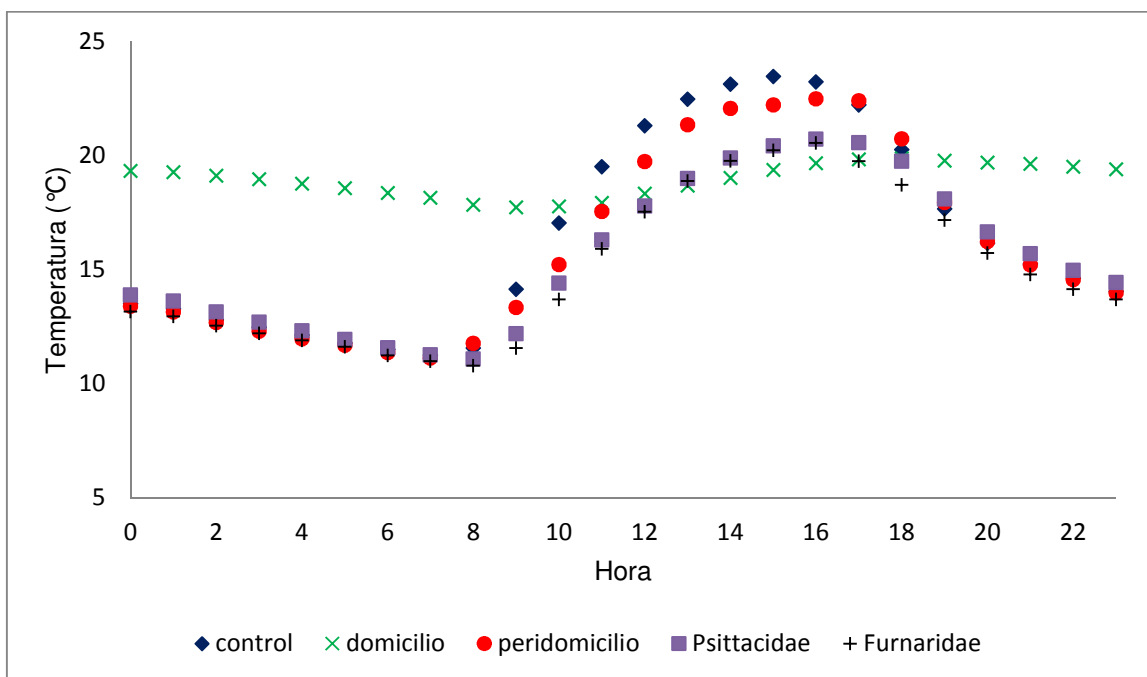


Figura 3-40 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en otoño en la provincia de Córdoba.

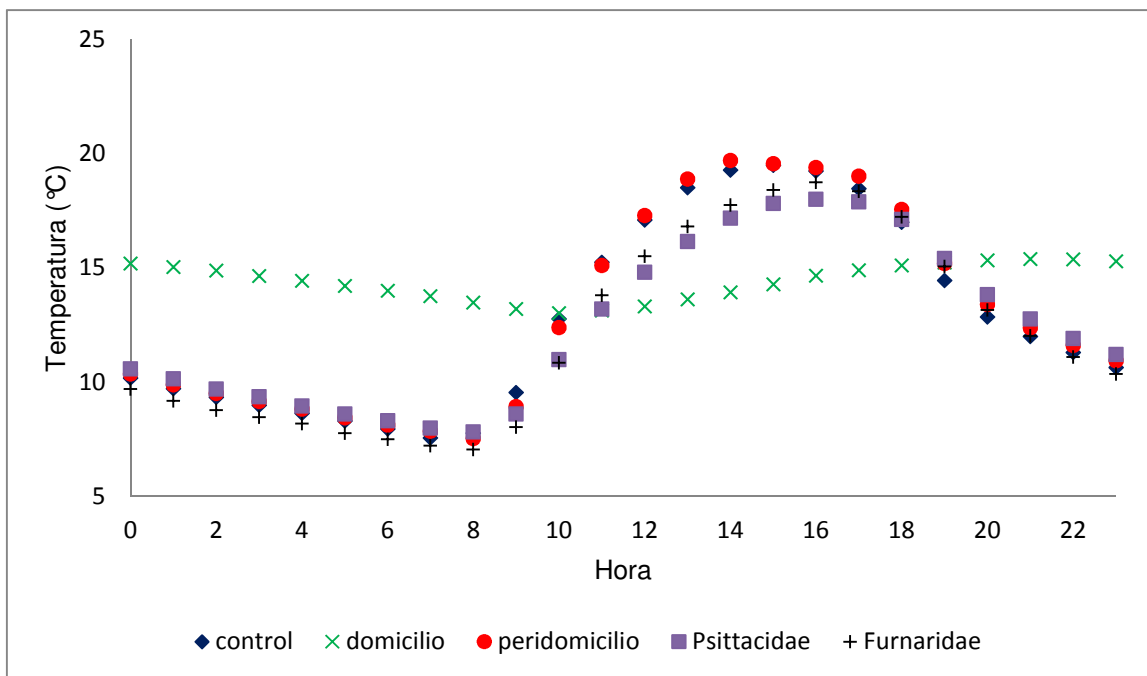


Figura 3-41 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en invierno en la provincia de Córdoba.

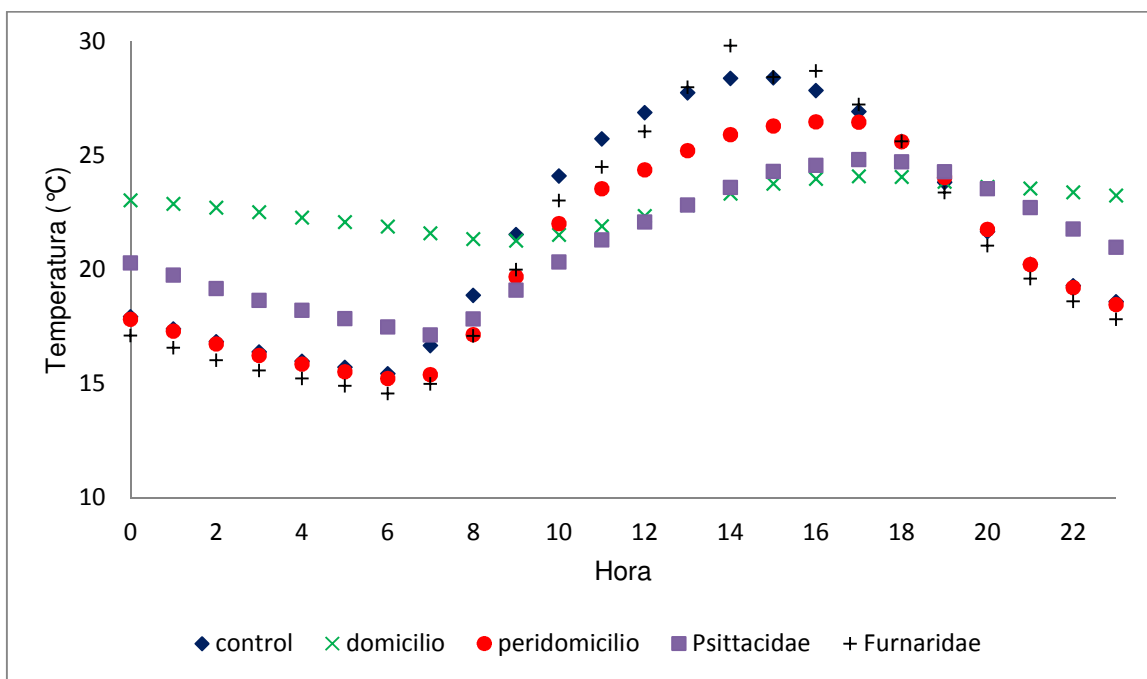


Figura 3-42 Promedios horarios de temperaturas obtenidos en primavera en la provincia de Córdoba.

Las temperaturas mínimas absolutas del domicilio siguieron el mismo patrón que los promedios diarios, con temperaturas superiores al control durante

la noche e inferiores durante el día, excepto en verano que durante todas las horas del día fueron superiores al ambiente. Además, en esta estación las temperaturas mínimas registradas en el domicilio durante la noche fueron similares a los promedios horarios de temperatura de los demás microhábitats. En las estaciones más frías (otoño-invierno), tanto el control como el peridomicilio y los microhábitats silvestres registraron temperaturas inferiores a los 0°C durante la noche hasta aproximadamente las 10:00 hs. Solamente en primavera se observaron diferencias entre todos los sensores, ya que durante la noche el nido de Furnaridae fue el único microhábitat que registró temperaturas por debajo de los 0°C; el peridomicilio presentó temperaturas mínimas similares al sensor control, y el nido de Psittacidae superior a ambos. Durante el día en la primavera, este patrón se invierte, siendo el nido de Psittacidae el que presenta menor temperatura mínima absoluta y el control una temperatura superior a los sensores colocados en todos los microhábitats (Figura 3-43 a Figura 3-46).

En cuanto a las temperaturas máximas absolutas, en todas las estaciones del año, el sensor colocado en el ambiente externo registró valores inferiores en las noches a los demás sensores, y durante el día incrementa notablemente su temperatura máxima absoluta superando a la de los microhábitats. El nido de Furnaridae presentó temperaturas similares al control en la primavera y verano, con valores extremos cercanos a los 50°C, aunque su comportamiento es un tanto errático ya que su temperatura se incrementa y decrece abruptamente en horas de la tarde. El domicilio siempre mantuvo temperaturas estables cercanas a los 30°C en primavera-verano y de 25°C en otoño-invierno. El nido de Psittacidae fue el microhábitat con temperaturas similares al domicilio en primavera-verano; en cambio, en otoño-invierno este microhábitat se comporta de manera similar al nido de Furnaridae. Por otro lado, el peridomicilio en todas las estaciones del año presentó temperaturas máximas absolutas similares al control durante las horas nocturnas, y en el día registró temperaturas entre el ambiente externo y el domicilio (Figura 3-43 a Figura 3-46).

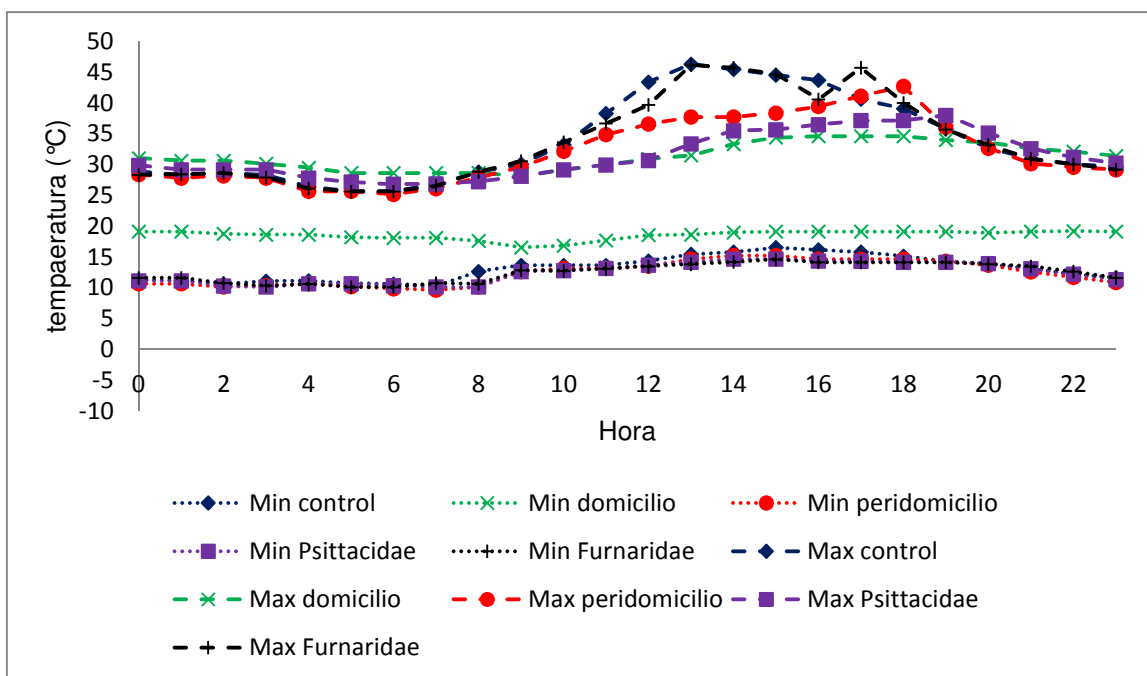


Figura 3-43 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en el verano en la provincia de Córdoba.

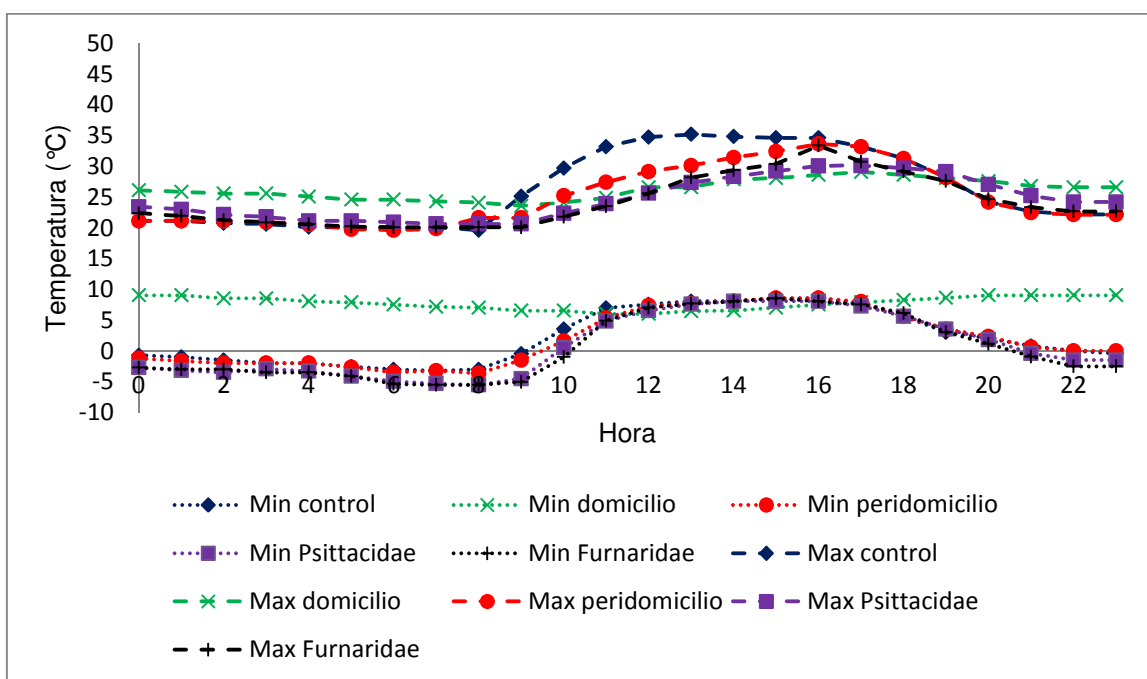


Figura 3-44 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en el otoño en la provincia de Córdoba.

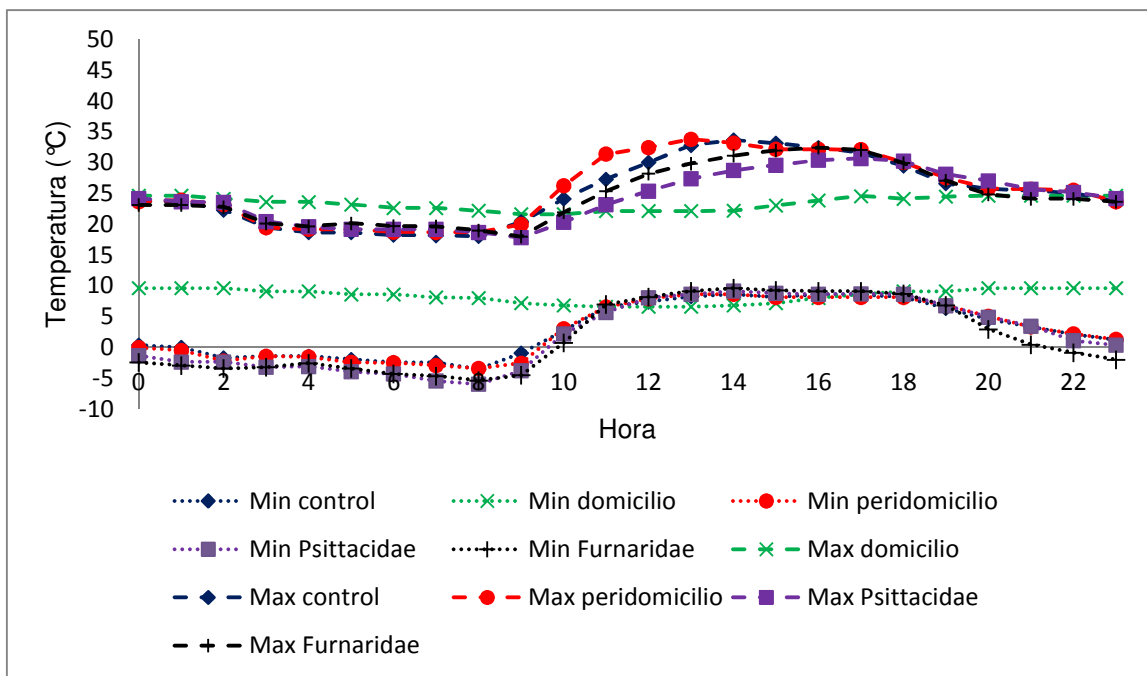


Figura 3-45 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en el invierno en la provincia de Córdoba.

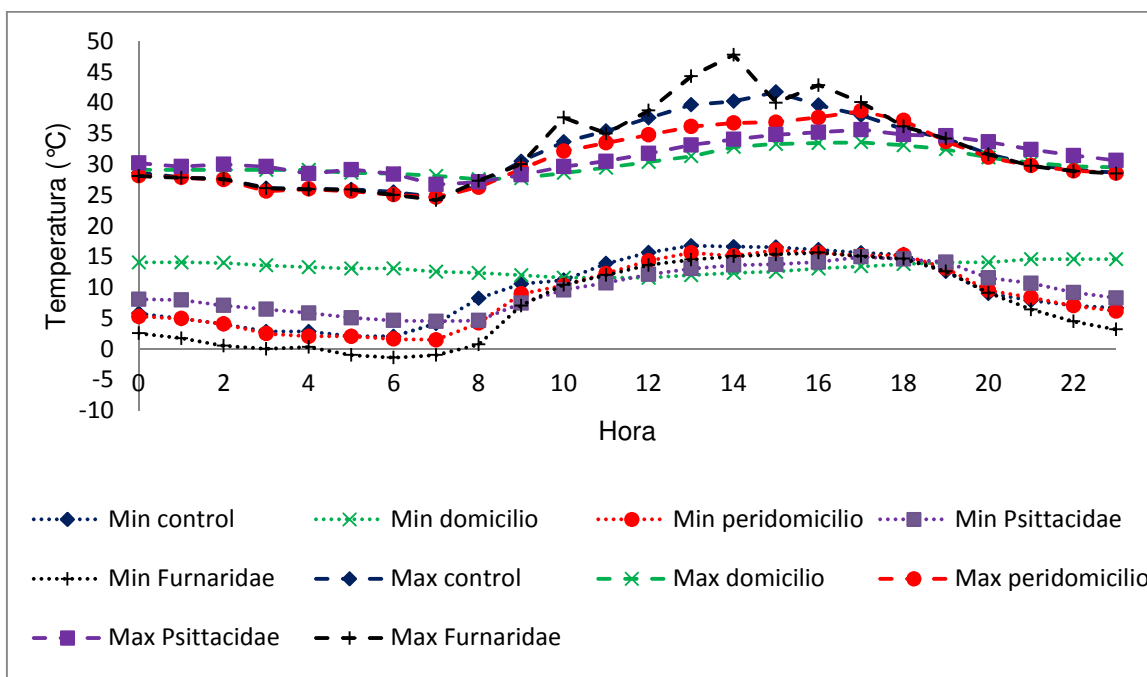


Figura 3-46 Temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en la primavera en la provincia de Córdoba.

2.3-7.6. Periodos desfavorables y tolerable de temperatura

Los sensores colocados en el ambiente externo (control), peridomicilio y en los microhábitats silvestres registraron temperaturas por debajo de los 15 °C (T_{\min}) en todos los meses del año. En los meses más fríos del año (junio, julio y agosto), todos los sensores (incluido el sensor colocado en el domicilio) registraron temperaturas por debajo del umbral (T_{\min}) durante mas del 50% de las horas en cada mes. En el mes de septiembre se observa que el domicilio presenta solamente un 20% de las horas con temperaturas desfavorables inferiores a los 15 °C, en cambio el sensor control como los demás microhábitats registraron más del 40% de las horas del mes temperaturas mínimas extremas (Tabla 3-38). Los mayores periodos favorables (temperaturas entre 15 y 40 °C) en el microhábitat domiciliario se presentan desde octubre a mayo, con valores cercanos o iguales al 100% de las horas en cada mes. En cambio, estos porcentajes de horas favorables en cada mes se observan de noviembre a febrero para los restantes sensores. Los periodos desfavorables con temperaturas mayores a 40 °C fueron muy escasos, registrados casi exclusivamente en el control y en el microhábitat silvestre (nido de Furnaridae), con muy pocas horas representadas en los meses más calurosos del año (Tabla 3-38).

Tabla 3-38 Temperaturas en periodos desfavorables inferior – superior y tolerable de la provincia de Córdoba. T_{mín} (Temperatura umbral mínima): horas del mes con temperatura ≤ a 15°C. Tf (Temperatura favorable): horas del mes con temperatura entre 15°C y 40°C. T_{máx} (Temperatura umbral máxima): horas del mes con temperatura ≥ a 40°C. %: porcentaje de horas en el mes en cada rango de temperatura. 0%: ≤ 0.5%.

	MICROHABITAT																													
Mes	CONTROL						DOMICILIO						PERIDOMICILIO						PSITTACIDAE						FURNARIDAE					
	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%	Tmín	%	Tf	%	Tmáx	%
may-12	288	39	456	61			29	4	715	96			297	40	447	60			311	42	433	58			315	42	430	58		
jun-12	512	71	209	29			455	63	265	37			484	67	237	33			518	72	202	28			515	71	206	29		
jul-12	577	80	144	20			661	92	60	8			558	78	162	23			594	83	126	18			586	81	135	19		
ago-12	482	65	262	35			436	59	309	41			464	62	280	38			490	66	254	34			503	68	241	32		
sep-12	347	48	374	52			159	22	562	78			349	48	371	52			331	46	389	54			372	52	349	48		
oct-12	136	18	608	82			16	2	729	98			152	20	593	80			119	16	625	84			179	24	557	76	1	0
nov-12	34	5	588	95	2	0			624	100			52	8	572	92			11	2	614	98			75	12	543	86	14	2
dic-12	17	2	726	98	2	0			744	100			36	5	708	95			2	0	743	100			49	7	688	92	8	1
ene-13	18	2	705	95	21	3			744	100			24	3	720	97			20	3	725	97			26	3	689	93	29	4
feb-13	20	3	557	96	7	1			624	100			33	5	589	95	2	0	23	4	602	96			33	5	587	94	4	1
mar-13	130	17	614	83					744	100			165	22	579	78			127	17	618	83			143	19	601	81		
abr-13	190	26	530	74					720	100			211	29	509	71			191	27	529	73			230	32	491	68		
may-13	135	38	225	63					360	100			141	39	219	61			138	38	222	62			161	45	200	55		

3.3-8. Humedad relativa en la provincia de Córdoba

3.3-8.1. Testeo del sensor control

La regresión lineal entre los promedios diarios de humedades relativas del sensor "control" y los promedios diarios de las humedades relativas de la provincia de Córdoba fue significativa, pero con una gran dispersión en los datos ($F= 7.598$, $p= 0.000$) (Figura 3-47).

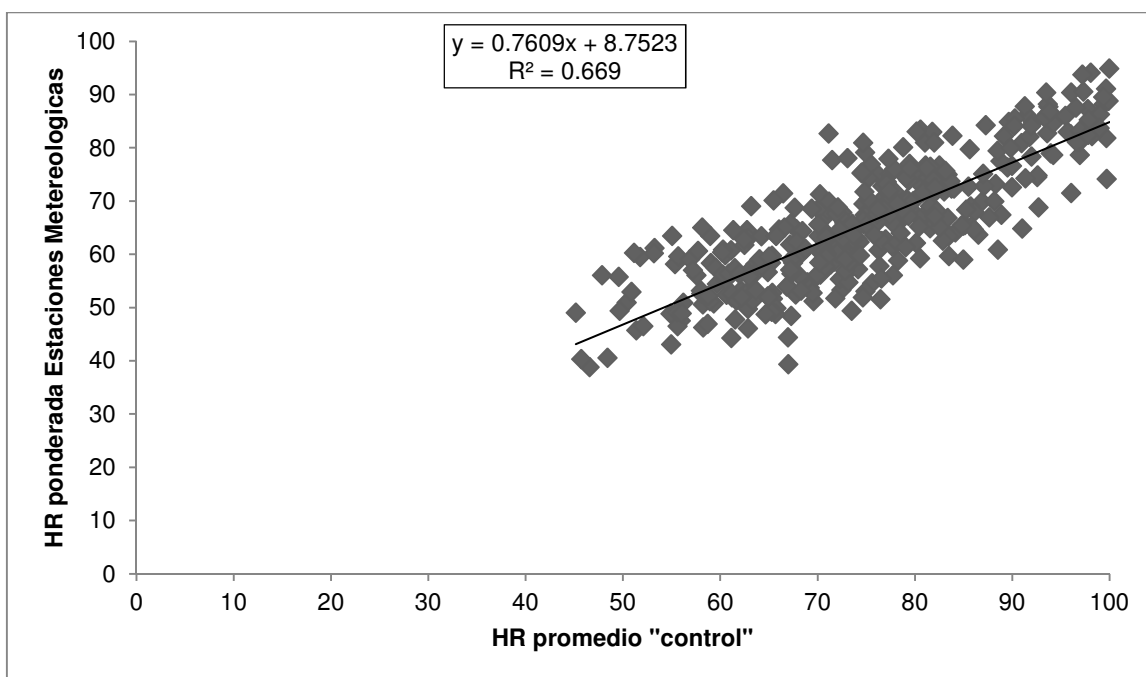


Figura 3-47 Regresión lineal de humedad relativa entre el sensor "control" y las estaciones meteorológicas de la provincia de Córdoba.

3.3-8.2. Distribución de los datos en rangos de humedad relativa

Todos los sensores colocados en la provincia de Córdoba no registraron humedades relativas inferiores al 5%. El domicilio presento humedades relativas a partir del 20%, con el mayor porcentaje de los datos concentrado entre 80 y 85% de humedad relativa. Tanto el control, como el peridomicilio y los microhábitats silvestres incrementaron sus valores de frecuencia relativa desde el 15% de humedad, hasta alcanzar sus máximos porcentajes entre el 95 y 100% de humedad relativa (Figura 3-48).

Rango de HR	Domicilio	Control	Peridomicilio	Nido Psitacidae	Nido Furnaridae
[0,5)					
[5,10)		0.0%			
[10,15)		0.0%			0.0%
[15,20)		0.3%	0.0%		0.1%
[20,25)	0.0%	0.8%	0.3%	0.0%	0.5%
[25,30)	0.1%	2.0%	1.0%	0.2%	1.2%
[30,35)	0.3%	3.2%	2.2%	0.6%	1.7%
[35,40)	1.6%	3.5%	3.4%	1.4%	2.1%
[40,45)	2.1%	3.5%	3.4%	2.4%	2.2%
[45,50)	3.6%	3.7%	3.8%	3.3%	2.6%
[50,55)	5.5%	4.4%	4.2%	3.9%	3.2%
[55,60)	7.2%	4.3%	4.6%	5.4%	3.6%
[60,65)	8.2%	4.3%	4.7%	6.1%	4.2%
[65,70)	11.1%	4.7%	5.0%	7.3%	4.7%
[70,75)	10.0%	5.9%	6.2%	9.7%	5.3%
[75,80)	13.2%	7.0%	7.4%	10.6%	6.3%
[80,85)	17.1%	9.1%	9.1%	11.6%	8.2%
[85,90)	14.8%	11.2%	11.8%	10.7%	8.7%
[90,95)	5.0%	13.2%	14.0%	8.0%	8.7%
[95,100]	0.1%	18.7%	19.0%	18.8%	36.6%

Figura 3-48 Distribución de las humedades relativas en rangos de 5% de la provincia de Córdoba.

3.3-8.3. Análisis de varianza

Al analizar los promedios mensuales de humedad relativa se observa que el mes de julio fue el más seco del año en el peridomicilio y los microhábitats silvestres, en tanto que en el control y en el domicilio los menores porcentajes de humedad relativa promedio se obtuvieron en el mes de enero. Por otro lado, el mes más húmedo del año fue octubre en todos los microhábitats como en el ambiente externo, a excepción del nido de Furnaridae, donde los valores más elevados de humedad relativa promedio se observan en el mes de mayo. En cuanto a la humedad relativa anual se observa que el domicilio fue el microhábitat más seco, mientras que el nido de Furnaridae fue el microhábitat más húmedo en la provincia de Córdoba.

El test de Levene arrojó diferencias significativas en las varianzas en los meses de julio, noviembre, enero y marzo, por lo que en dichos meses se realizó el test post-hoc de Games-Howell, donde se constataron diferencias significativas en todos los promedios mensuales antes mencionados. En los restantes meses las varianzas fueron homogéneas, por lo que se utilizó el test de HSD Tuckey para corroborar si existían o no diferencias significativas en los promedios mensuales y en el promedio anual. Solamente en los meses de mayo de 2012, agosto, septiembre y octubre no se encontraron diferencias significativas en los promedios mensuales. Por lo tanto, los meses que presentaron diferencias significativas en los test post-hoc fueron junio, julio, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo de 2013, así como también el promedio anual (Tabla 3-39). En todos estos meses, el sensor colocado en el peridomicilio fue el único microhábitat con promedios mensuales similares al control, sin encontrarse diferencias significativas en ninguno de los meses. En cambio, el domicilio presentó diferencias, ya sea con respecto al sensor control como a los sensores colocados en todos los microhábitats en los distintos meses del año. En cuanto al nido de Furnaridae se observa que presentó diferencias significativas con respecto a los restantes sensores en los meses de marzo, abril, mayo de 2013 como en el promedio anual; en cambio, el nido de Psittacidae sólo se diferenció del ambiente externo en los meses de diciembre y marzo como en el promedio anual (Tabla 3-40 a Tabla 3-49).

Tabla 3-39 Promedios, desviaciones estándar y resultados del ANOVA de humedad relativa de la provincia de Córdoba en base a comparaciones entre microhábitats en cada mes. F: valor de Fischer calculado. W: valor de *t-student* calculado. df: grados de libertad. Los valores seguido por * indican diferencias significativas (*p*-valor: ≤ 0.05).

Meses	Microhábitats					Estadístico	df	<i>p</i>
	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae			
may-12	83.55 \pm 10.78	85.96 \pm 5.41	82.54 \pm 11.45	83.16 \pm 12.29	89.35 \pm 10.57	F=2.230	4,150	0.068
jun-12	79.56 \pm 9.08	83.87 \pm 2.88	76.97 \pm 9.54	76.90 \pm 10.67	79.92 \pm 11.33	F=2.866	4,145	0.025*
jul-12	67.72 \pm 11.01	75.71 \pm 7.26	65.78 \pm 10.69	63.60 \pm 11.40	62.38 \pm 12.47	W=10.662	4,71	0.000*
ago-12	82.05 \pm 10.46	81.35 \pm 5.25	80.49 \pm 10.69	79.12 \pm 10.65	85.51 \pm 10.93	F=1.830	4,150	0.126
sep-12	76.59 \pm 11.69	81.54 \pm 4.87	75.95 \pm 11.47	76.41 \pm 13.90	81.98 \pm 12.26	F=2.113	4,145	0.082
oct-12	83.09 \pm 8.57	86.17 \pm 4.03	84.24 \pm 8.78	87.20 \pm 9.68	87.63 \pm 9.02	F=1.718	4,150	0.149
nov-12	65.10 \pm 10.58	58.81 \pm 9.80	68.96 \pm 11.10	71.38 \pm 11.41	69.88 \pm 12.52	W=5.879	4,62	0.000*
dic-12	68.98 \pm 11.82	62.06 \pm 9.98	74.43 \pm 10.38	82.15 \pm 16.27	74.99 \pm 11.56	F=11.648	4,150	0.000*
ene-13	61.97 \pm 10.18	53.99 \pm 8.60	67.13 \pm 10.10	65.06 \pm 10.90	67.68 \pm 10.84	W=11.107	4,75	0.000*
feb-13	72.85 \pm 10.38	62.28 \pm 9.17	77.63 \pm 10.57	81.03 \pm 13.24	84.43 \pm 14.90	F=13.712	4,125	0.000*
mar-13	73.38 \pm 7.89	64.25 \pm 6.23	77.32 \pm 7.98	77.58 \pm 8.21	84.76 \pm 7.75	W=35.745	4,75	0.000*
abr-13	74.63 \pm 9.30	64.88 \pm 6.70	78.92 \pm 8.87	80.88 \pm 10.26	95.05 \pm 4.75	F=53.135	4,145	0.000*
may-13	81.19 \pm 10.93	74.56 \pm 5.88	84.21 \pm 9.33	84.25 \pm 10.18	96.06 \pm 5.98	F=11.958	4,70	0.000*
Anual	74.54 \pm 12.21	72.10 \pm 13.03	76.28 \pm 11.52	77.38 \pm 13.40	81.02 \pm 14.34	F=24.586	41,860	0.000*

Tabla 3-40 Junio 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.369	-	≠	≠	=
Peridomicilio	0.813	0.034	-	=	=
Psittacidae	0.797	0.032	1.000	-	=
Furnaridae	1.000	0.461	0.729	0.710	-

Tabla 3-41 Diciembre 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	≠	=
Domicilio	0.175	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.403	0.001	-	=	=
Psittacidae	0.000	0.000	0.099	-	=
Furnaridae	0.302	0.000	1.000	0.149	-

Tabla 3-42 Febrero 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	≠
Domicilio	0.014	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.594	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.100	0.000	0.839	-	=
Furnaridae	0.005	0.000	0.241	0.840	-

Tabla 3-43 Abril 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	≠	≠
Domicilio	0.000	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.264	0.000	-	=	≠
Psittacidae	0.031	0.000	0.888	-	≠
Furnaridae	0.005	0.000	0.000	0.000	-

Tabla

3-44 Mayo 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	≠
Domicilio	0.239	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.877	0.027	-	=	≠
Psittacidae	0.871	0.026	1.000	-	≠
Furnaridae	0.000	0.000	0.004	0.004	-

Tabla 3-45 Promedio anual. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test HD-Tuckey. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	≠	≠
Domicilio	0.076	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.350	0.000	-	=	≠
Psittacidae	0.023	0.000	0.777	-	≠
Furnaridae	0.000	0.000	0.000	0.001	-

Tabla 3-46 Julio 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test de HSD de Games-Howell. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p-valores*: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.014	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.957	0.010	-	=	=
Psittacidae	0.616	0.000	0.940	-	=
Furnaridae	0.408	0.000	0.788	0.995	-

Tabla 3-47 Noviembre 2012. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test de HSD de Games-Howell. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p*-valores: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	=	=	=	=
Domicilio	0.188	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.702	0.009	-	=	=
Psittacidae	0.255	0.001	0.999	-	=
Furnaridae	0.576	0.008	0.255	0.991	-

Tabla 3-48 Enero 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test de HSD de Games-Howell. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p*-valores: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	=
Domicilio	0.013	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.278	0.000	-	=	=
Psittacidae	0.777	0.000	0.937	-	=
Furnaridae	0.299	0.000	1.000	0.878	-

Tabla 3-49 Marzo 2013. Diferencias significativas entre los diferentes microhábitats para cada mes por el test de HSD de Games-Howell. Los símbolos por encima de la diagonal muestran si se encontró o no diferencias entre microhábitats. Los números por debajo de la diagonal son los *p*-valores: valor de la prueba estadística ($\alpha:0.05$).

	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
Control	-	≠	=	=	≠
Domicilio	0.000	-	≠	≠	≠
Peridomicilio	0.303	0.000	-	=	≠
Psittacidae	0.255	0.000	1.000	-	≠
Furnaridae	0.000	0.000	0.004	0.007	-

3.3-8.4. Humedad relativa mínima y máxima mensual

Las mínimas humedades relativas absolutas en cada mes (mínimo valor registrado en cada mes) de los sensores colocados en el ambiente externo (control), en el peridomicilio y en los microhábitats silvestres registraron valores entre el 10 y el 40% de humedad relativa en todos los meses del año. En cambio,

el sensor colocado en el domicilio presentó, de mayo a octubre, humedades relativas mínimas absolutas superiores en un 30% con respecto al ambiente externo. Luego, de noviembre a mayo de 2013, sus valores fueron similares a los registrados por los sensores colocados en los microhábitats silvestres (nido de Psittacidae y Furnaridae) (Figura 3-49). Por otro lado, las máximas humedades relativas absolutas registradas en el domicilio oscilaron entre el 80 y el 90% durante todo el año. Por el contrario, el ambiente externo, como el peridomicilio y los microhábitats silvestres, presentaron humedades relativas máximas iguales al 100% en todos los meses del año (Figura 3-49).

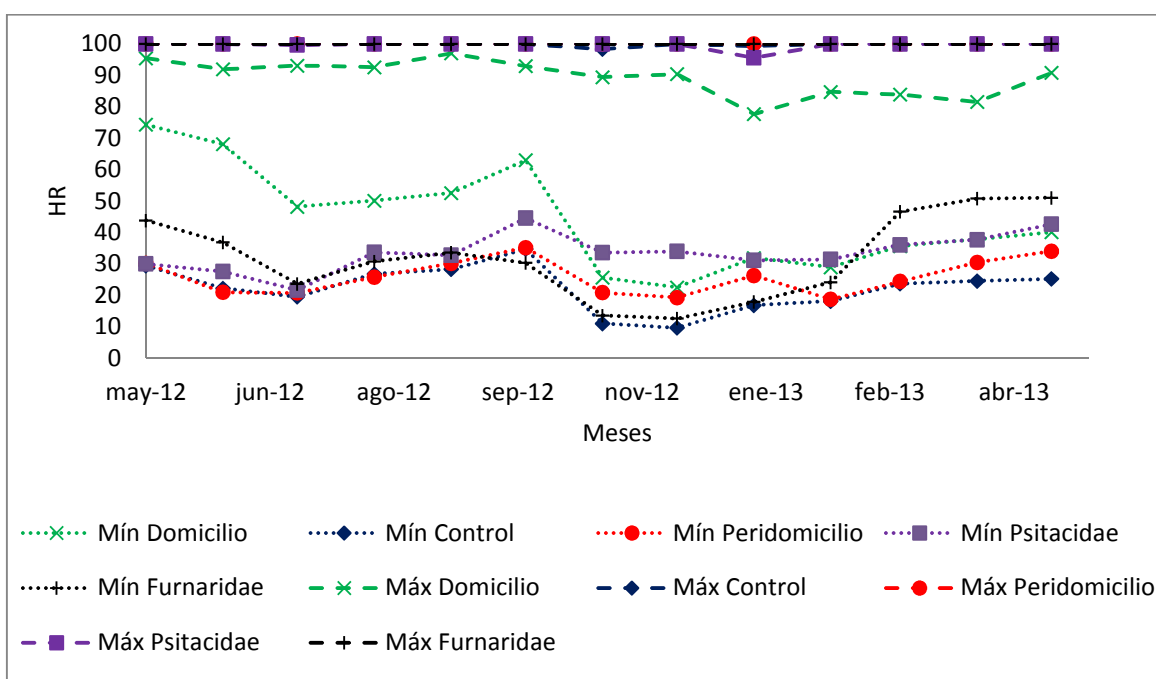


Figura 3-49 Humedad relativa mínimas y máximas mensuales de la provincia de Córdoba.

3.3-8.5. Humedad relativa en las estaciones del año

Los promedios horarios de humedad relativa en el domicilio presentaron bajas fluctuaciones en las distintas estaciones del año, con valores cercanos al 60% en primavera-verano y del 80% en otoño-invierno. Al igual que en la provincia de Chaco, durante las horas nocturnas registró promedios horarios de humedades relativas inferiores al control, y desde las 10:00hs hasta las 20:00hs presentó humedades relativas superiores al ambiente. Este mismo comportamiento se

observa en el nido de Psittacidae, aunque sus valores de humedad relativa difieren en gran medida con los registrados en el microhábitat domiciliario. En cambio, el nido de Furnaridae registro valores similares al control en las horas nocturnas y superiores en las horas diurnas. El peridomicilio fue el microhábitat con registró humedades relativas similares al control en todas las horas. En cambio, el nido de Furnaridae siempre registró promedios horarios de humedad relativa superiores al ambiente externo, excepto en las horas de la noche en invierno, donde fueron inferiores. El sensor colocado en el microhábitat peridomiciliario presentó variaciones y valores similares al sensor control en todas las estaciones del año (Figura 3-50 a Figura 3-53).

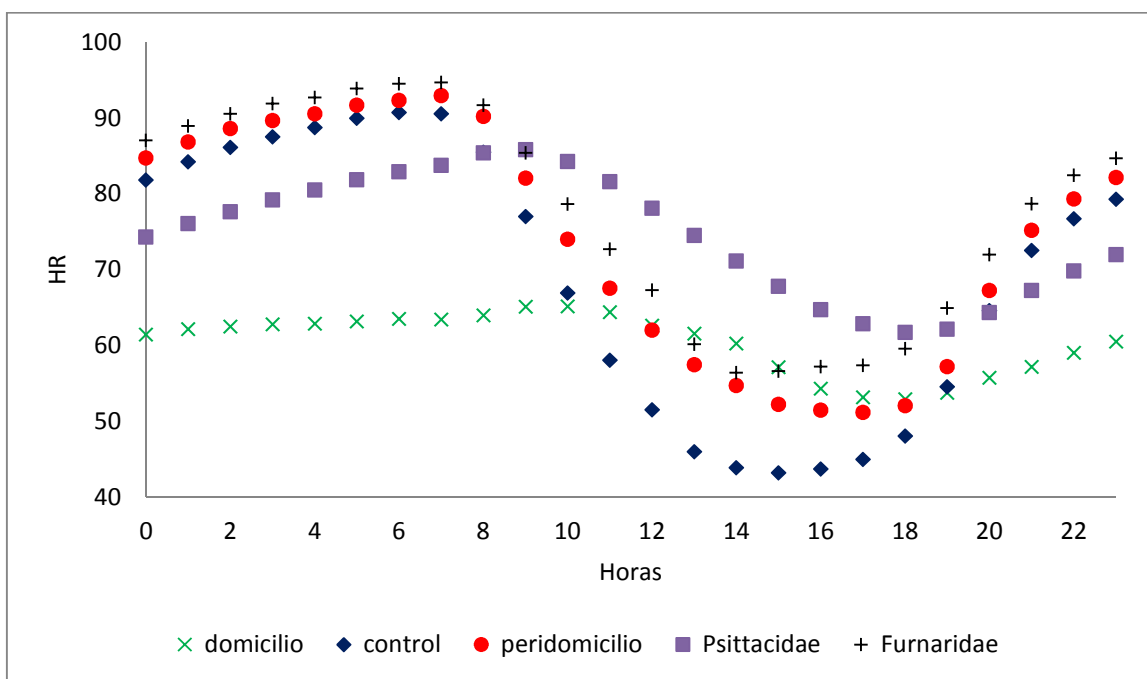


Figura 3-50 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en verano en la provincia de Córdoba.

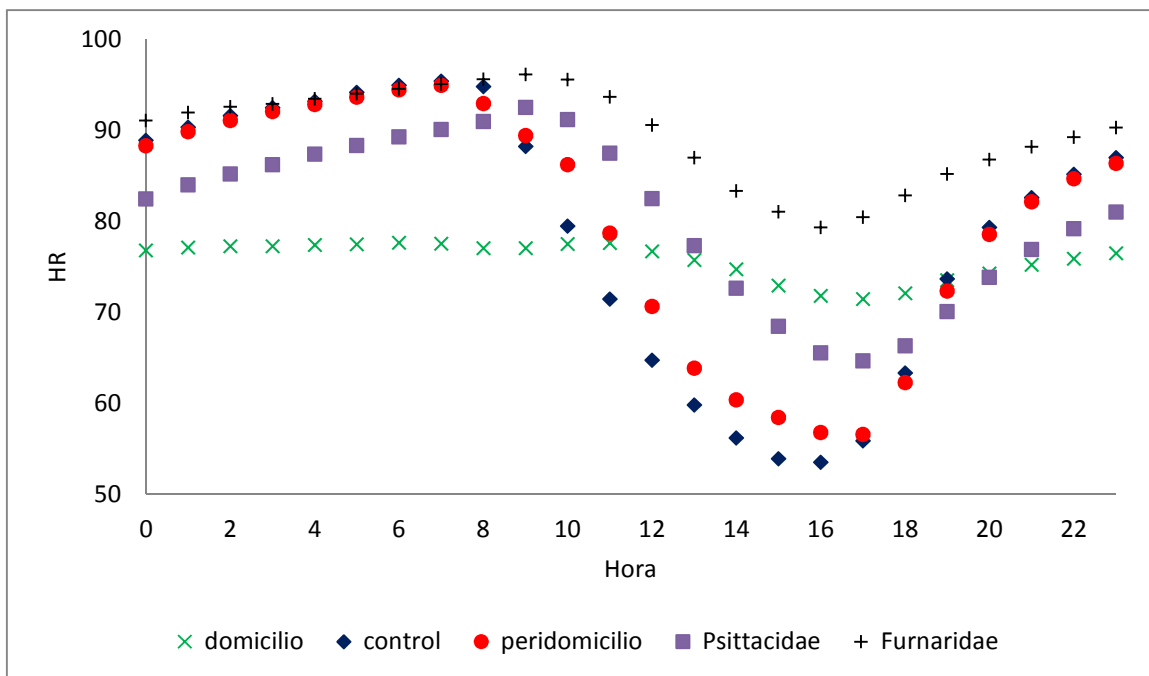


Figura 3-51 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en otoño en la provincia de Córdoba.

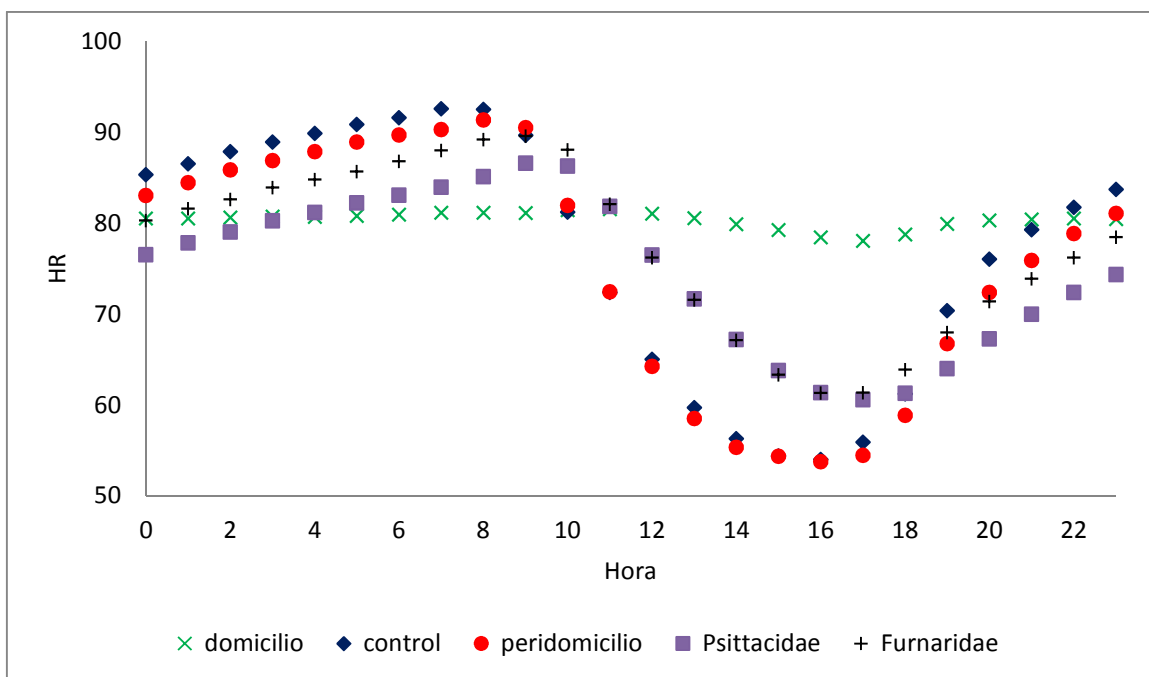


Figura 3-52 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en invierno en la provincia de Córdoba.

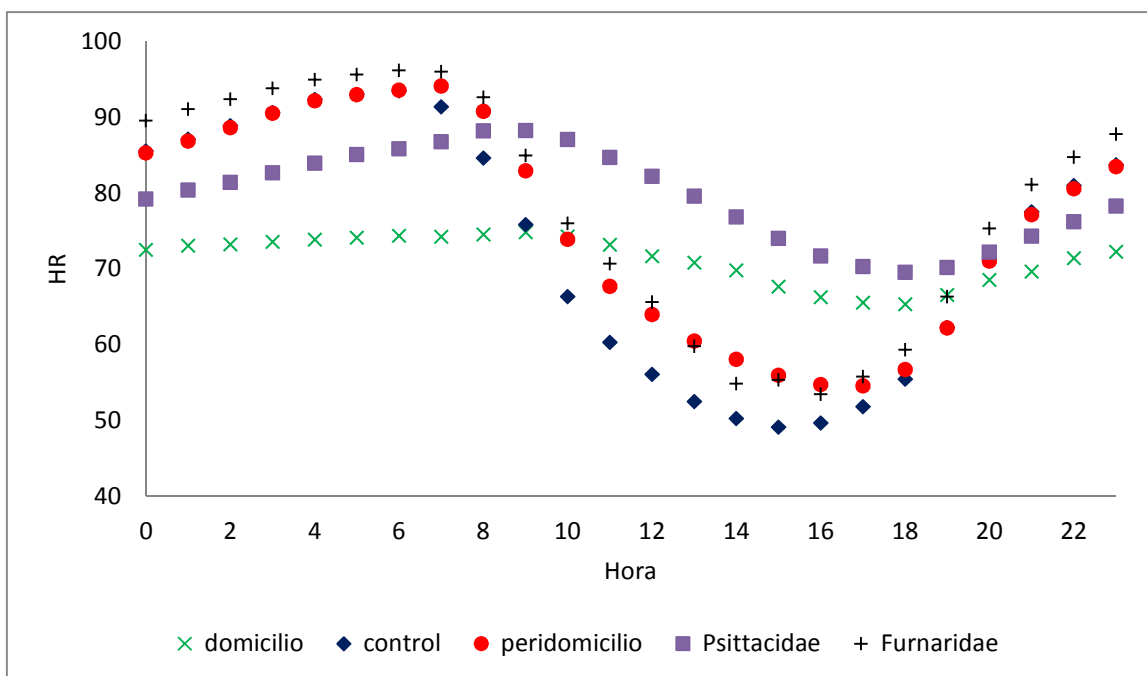


Figura 3-53 Promedios horarios de humedad relativa obtenidos en primavera en la provincia de Córdoba.

El sensor colocado en el domicilio registró humedades relativas mínimas absolutas cercanas al 40% en primavera-verano y del 50% en otoño-invierno, con valores inferiores al control en las horas nocturnas y superiores en las horas diurnas, salvo en invierno donde siempre se mantuvo por encima del control durante todas las horas del día. El nido de Psittacidae mostró el mismo comportamiento que el domicilio, excepto en invierno que fluctuó de la misma manera que el control. El peridomicilio y el nido de Furnaridae presentaron valores similares al control en todas las estaciones del año, diferenciándose solamente en las horas nocturnas del verano con registros superiores al mismo. Es de remarcar que durante algunas horas de la madrugada (05:00-06:00 hs) durante el verano, el otoño y la primavera, las humedades relativas mínimas absolutas registradas por el sensor control fueron cercanas a las máximas humedades relativas absolutas que presentó el domicilio. De esta manera, se observa que las humedades relativas máximas absolutas registradas por el sensor externo como los sensores colocados en el peridomicilio y los microhábitats silvestre fueron iguales o cercanas al 100% en todas las estaciones del año. En cambio, las humedades

relativas máximas absolutas registradas en el domicilio nunca superaron el 95% (Figura 3-54 a Figura 3-57).

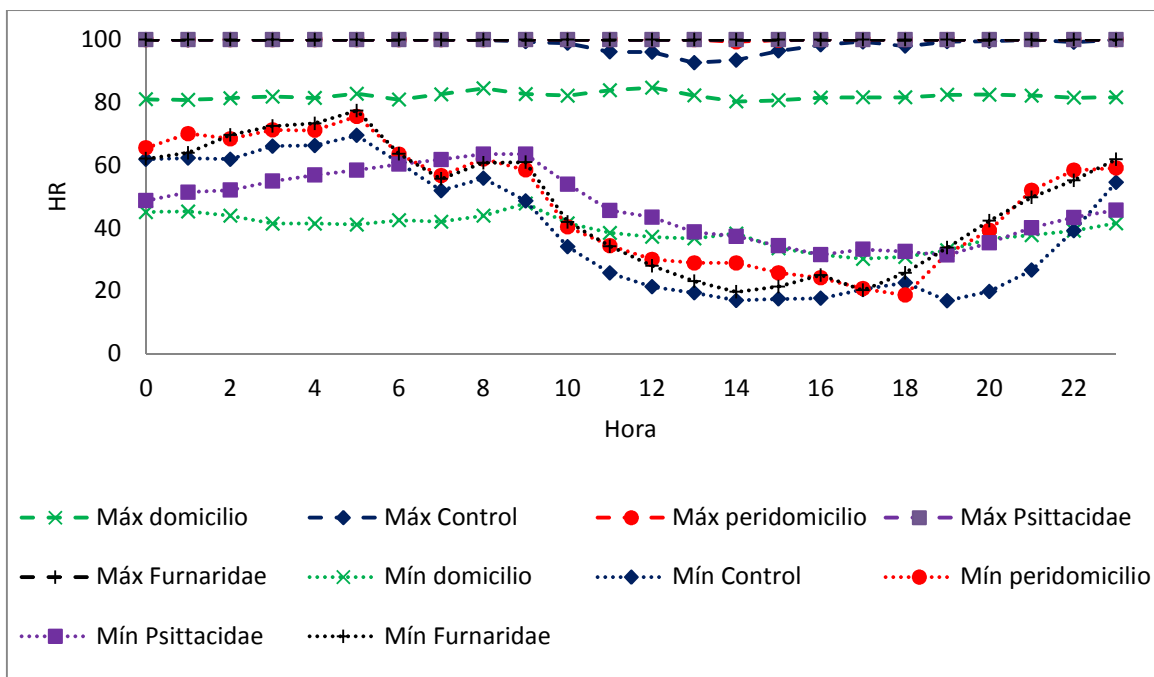


Figura 3-54 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en verano en la provincia de Córdoba.

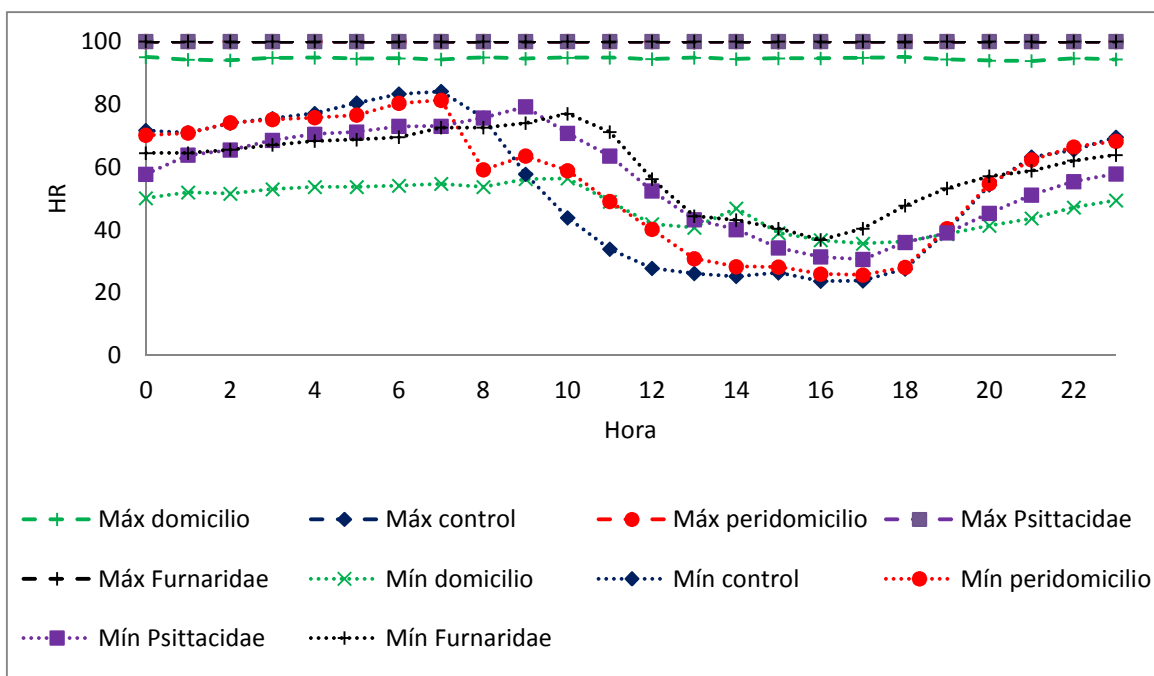


Figura 3-55 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en otoño en la provincia de Córdoba.

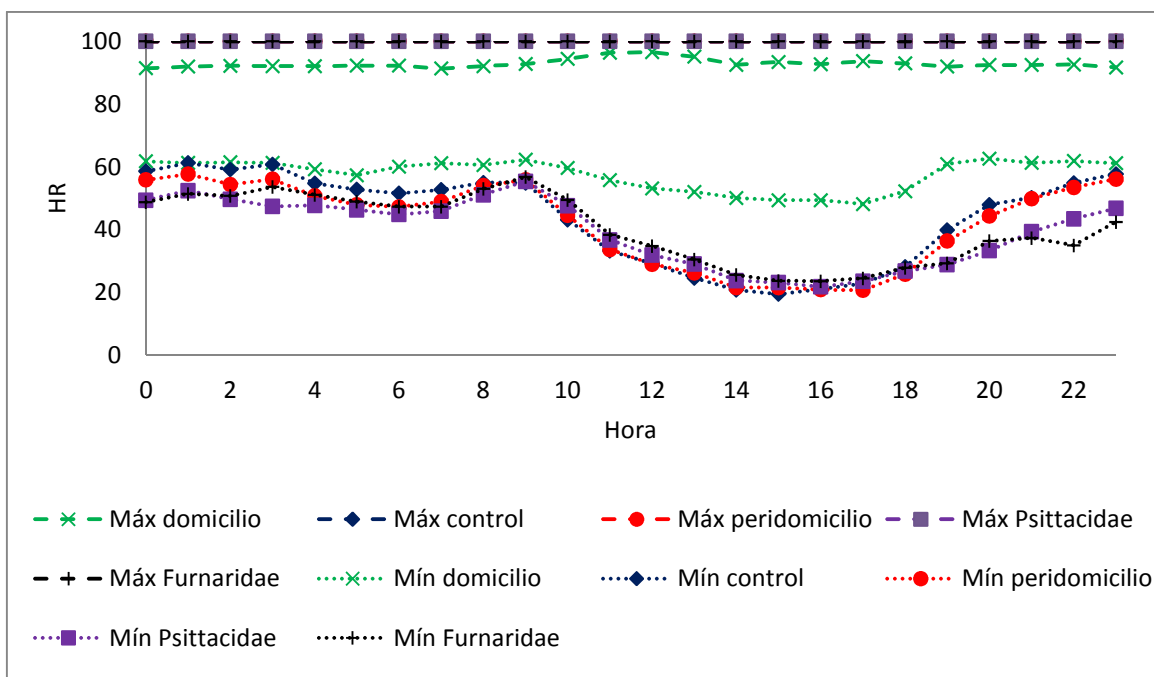


Figura 3-56 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en invierno en la provincia de Córdoba.

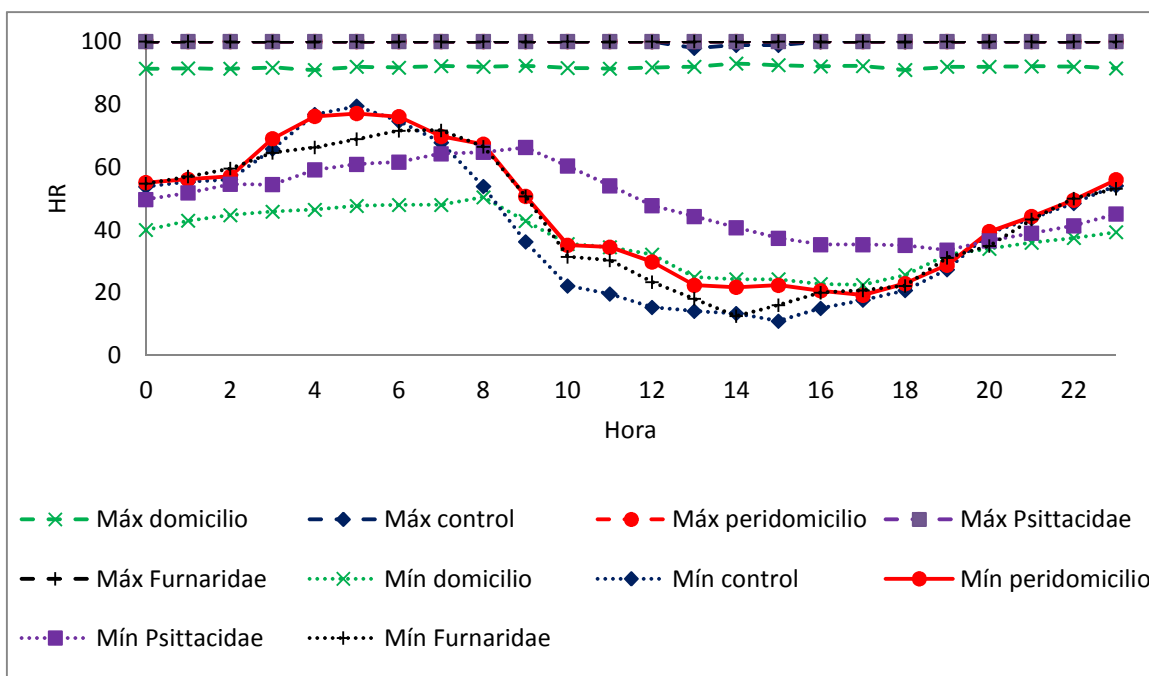


Figura 3-57 Humedad relativa máximas y mínimas registradas en primavera en la provincia de Córdoba.

2.3-8.6. Periodos favorables y desfavorables de humedad relativa

Los registros de humedad relativa menores a 20% (HR_t) fueron muy escasos, observándose muy bajos porcentajes (iguales o inferiores al 2% de las horas en el mes) en el sensor externo y en el nido de Furnaridae en los meses de noviembre y diciembre. Contrariamente, los periodos desfavorables de humedad relativa (HR_d) estuvieron representados en todos los meses del año en todos los microhabitats, a excepción del mes de enero donde el sensor colocado en el domicilio no registro humedades relativas superiores al 80% (Tabla 3-50).

En cuanto al periodo tolerable de humedad relativa (HR_t) se observa que en el mes de mayo (2012 o 2013) todos los sensores presentaron la menor cantidad de horas en el mes con humedad relativa entre 20% y 80%. Además, el mes de octubre presentó, al igual que mayo, valores muy bajos en los porcentajes de horas en el periodo tolerable de humedad relativa, en todos los sensores colocados en la provincia de Córdoba. Sumado a estos dos meses (mayo y octubre), en el mes de abril el sensor colocado en el nido de Furnaridae registró

escasas horas con humedad relativa tolerable. Por otro lado, los meses de julio y enero fueron los que presentaron los mayores porcentajes de horas en los respectivos meses con humedades relativas tolerables en el ambiente externo, como en el peridomicilio y los microhábitats silvestres. En cambio, en el domicilio se registraron porcentajes mayores al 90% de horas en los periodos tolerables desde el mes de noviembre hasta el mes de abril (Tabla 3-50).

Tabla 3-50 Humedad relativa clasificada en periodo favorable, tolerable y desfavorable en la provincia de Córdoba. HRf (periodo favorable): horas del mes con $HR \leq 20\%$. HRt (periodo tolerable): horas del mes con HR entre 20% y 80%. HRd (periodo desfavorable): horas del mes con $HR \geq 80\%$. %: porcentaje de horas en el mes en cada rango de HR. 0%: $\leq 0.5\%$.

	MICROHABITAT																													
Mes	CONTROL						DOMICILIO						PERIDOMICILIO						PSITTACIDAE						FURNARIDAE					
	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%	HRf	%	HRt	%	HRd	%
may-12			236	32	508	68			75	10	669	90			254	34	490	66			271	36	473	64			180	24	564	76
jun-12			288	40	432	60			88	12	632	88			343	48	377	52			360	50	360	50			316	44	404	56
jul-12	1	0	460	64	259	36			514	74	183	26			484	67	236	33			571	79	149	21			590	82	130	18
ago-12			260	35	484	65			296	40	448	60			275	37	469	63			335	45	409	55			220	30	524	70
sep-12			335	47	385	53			288	40	432	60			346	48	374	52			395	55	325	45			295	41	425	59
oct-12			245	33	499	67			94	13	650	87			239	32	505	68			218	29	526	71			193	26	551	74
nov-12	13	2	392	63	215	35			584	94	40	6			370	59	254	41			439	70	185	30	4	1	343	55	277	44
dic-12	12	2	408	55	328	44			694	93	50	7	1	0	375	50	368	49			333	45	411	55	3	0	343	46	399	54
ene-13	7	1	527	71	210	28			744	100					473	64	271	36			609	82	135	18	2	0	441	59	301	40
feb-13	1	0	315	50	318	50			621	96	27	4	1	0	267	43	356	57			268	43	356	57			192	31	432	69
mar-13			361	48	393	52			741	100	3	0			331	44	413	56			379	51	365	49			228	31	516	69
abr-13			333	47	381	53			717	100	3	0			296	41	424	59			313	43	407	57			44	6	676	94
may-13			121	35	226	65			278	77	82	23			105	29	255	71			104	29	256	71			23	6	337	94

3.3-9. Interacción temperatura y humedad relativa en la provincia de Córdoba

3.3-9.1. Periodo favorable y desfavorable de temperatura y humedad relativa en la provincia de Córdoba

En la Tabla 3-51 se presentan la cantidad de horas (y sus respectivos porcentajes) en cada mes en periodos favorables (temperaturas comprendidas entre 15 y 40°C y humedades relativas entre 0-80%) y periodos desfavorables (temperaturas inferiores a los 15°C o superiores a los 40°C y humedades relativas superiores al 80%) de la provincia de Córdoba.

La combinación de temperaturas y humedad relativa desfavorables en el ambiente externo, peridomicilio y el nido de Psittacidae presentaron valores similares en todos los meses del año, con al menos un 20% de las horas en cada mes con periodos desfavorables. Los resultados muestran que en estos microhábitats, el mes de enero presentó la menor cantidad de horas en el periodo desfavorable, mientras que julio fue el mes con temperaturas o humedades relativas externas. En cambio el nido de Furnaridae presenta más del 40% de las horas con temperaturas y humedades relativas desfavorables, siendo los meses de abril y mayo los más adversos y el mes de enero el más benéfico en cuanto a las temperaturas y humedades relativas. Por el contrario, en el microhábitat domiciliario la menor cantidad de horas en los periodos desfavorables se observa desde los meses de noviembre a abril, con valores cercanos al 0%. Sin embargo, en los meses de junio y julio los porcentajes de horas con temperaturas y humedades extremas fueron muy altos, superando incluso a los valores registrados por el sensor colocado en el ambiente externo (control).

Tabla 3-51 Temperatura y humedad relativa en periodo desfavorable y tolerable en la provincia de Córdoba. D (periodo desfavorable): horas del mes con temperatura $\leq 15^{\circ}\text{C}$ o $\geq 40^{\circ}\text{C}$ y HR $\geq 80\%$. T (periodo tolerable): horas del mes con temperatura entre 15°C y 40°C y HR entre 0 y 80%.%: porcentaje de horas en el mes en cada rango.

Mes	MICROHABITAT																			
	CONTROL				DOMICILIO				PERIDOMICILIO				PSITTACIDAE				FURNARIDAE			
	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%	D	%	T	%
may-12	550	74	195	26	674	91	70	9	539	72	206	28	551	74	194	26	608	82	136	18
jun-12	578	80	142	20	710	99	10	1	554	77	166	23	604	84	117	16	617	86	104	14
jul-12	605	84	115	16	694	96	26	4	586	81	135	19	622	86	98	14	614	85	107	15
ago-12	579	78	165	22	637	86	107	14	560	75	185	25	601	81	143	19	638	86	106	14
sep-12	436	60	285	40	483	67	238	33	428	59	292	41	448	62	273	38	489	68	231	32
oct-12	501	67	244	33	650	87	94	13	508	68	237	32	532	71	213	29	553	74	192	26
nov-12	222	35	403	65	40	6	585	94	254	41	370	59	185	30	439	70	291	47	333	53
dic-12	326	44	419	56	50	7	694	93	368	49	376	51	412	55	332	45	406	55	338	45
ene-13	246	33	498	67			744	100	283	38	461	62	155	21	590	79	343	46	402	54
feb-13	316	51	308	49	27	4	598	96	358	57	266	43	356	57	269	43	436	70	188	30
mar-13	392	53	352	47	4	0	741	100	418	56	327	44	388	52	357	48	528	71	217	29
abr-13	402	56	318	44	3	0	717	100	437	61	283	39	441	61	279	39	677	94	43	6
may-13	257	71	104	29	82	23	278	77	273	76	87	24	291	81	69	19	339	94	22	6

3.4 DISCUSIÓN

Los resultados de las regresiones lineales entre el sensor control y las estaciones meteorológicas indican que las dos variables macroclimáticas evaluadas en la provincia de Chaco se mantienen invariantes en las distintas estaciones meteorológicas de la región, generando un clima homogéneo en toda su extensión. Al igual que en la provincia de Chaco, la temperatura registrada por las estaciones meteorológicas en la provincia de Córdoba mostraron una alta correlación. Sin embargo, la regresión de la humedad relativa entre el sensor control y las estaciones meteorológicas muestra una gran dispersión en los datos, lo que sugiere que esta variable ambiental se comporta de manera más errática que la temperatura en dicha provincia. Esto posiblemente se deba a que la provincia de Córdoba posee una geografía más irregular que Chaco, con planicies, sierras y valles que pueden provocar una heterogeneidad espacial en parámetros que afectan la humedad, como las lluvias y los vientos.

Los triatominos están expuestos a efectos muy diferentes en cuanto a su entorno ambiental. Las condiciones macroclimáticas afectan a los triatominos en cortos intervalos de tiempo, periodos en los cuales están buscando refugios o trasladándose de un hábitat a otro, mientras que las condiciones microclimáticas afectan directamente el metabolismo, desarrollo y supervivencia de los insectos durante la mayor parte de su vida (Vazquez-Prokopec et al., 2002).

En ambas provincias, el domicilio fue el único microhábitat que amortiguó las temperaturas y humedades relativas mínimas y máximas absolutas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros trabajos, en los cuales se observaron las mismas amortiguaciones de dichas variables ambientales en las grietas de las paredes o en los techos de los dormitorios (Vazquez-Prokopec et al., 2002 en Santiago del Estero, Lorenzo et al., 2000 en Brasil, Heger et al., 2006 y Rabinovich, 1985 en Venezuela). Estas amortiguaciones, sumado a que la grieta en el dormitorio mantuvo una temperatura máxima superior al ambiente exterior durante las horas nocturnas, proveerían una temperatura adecuada para *T. infestans* durante el periodo de mayor actividad en búsqueda de alimento. En

invierno en la provincia de Chaco, existiría una pequeña ventana entre las 18:00hs y las 00:00 hs, en la cual se supera la temperatura umbral de actividad locomotora para *T. infestans* (18-20 °C) (Lazzari, 1992). En cambio, en la provincia de Córdoba no se registraron temperaturas iguales o superiores a dicha temperatura umbral, por lo que las horas de actividad de esta especie doméstica se vería sumamente reducida durante el invierno. Tal vez, estas pocas horas sean las que determinan las grandes densidades de *T. infestans* en la provincia de Chaco, pudiendo mantener los niveles metabólicos necesarios para la búsqueda de alimento durante todo el año.

Si bien los peridomicilios donde se colocaron los sensores en la provincia de Chaco y Córdoba estaban protegidos de las condiciones ambientales externas, posiblemente los materiales utilizados para la construcción de esos microhábitats no tienen la propiedad de mantener temperaturas o humedades relativas distintas al control. Vazquez-Prokopec et al. (2002) demostraron que los corrales y gallineros en la provincia de Santiago del Estero son estructuras abiertas expuestas a la luz solar, el viento y la lluvia, que determinan muy pequeñas diferencias con respecto a las condiciones externas. Lorenzo et al. (2000) también observaron en Brasil que los peridomicilios (gallineros y pilas de ladrillos) registraron las mismas variaciones de temperaturas y humedades relativas que el ambiente externo. Por lo tanto, las especies de triatominos que habitan los peridomicilios en las provincias de Chaco y Santiago del Estero en Argentina, como aquellas que se encuentran en Brasil, se encontrarían expuestas a condiciones climáticas similares a las ambientales.

Los microhábitats silvestres en la provincia de Chaco se comportaron de manera similar al control, tanto en las temperaturas como en las humedades relativas, especialmente el nido de Psittacidae. Solamente en primavera y verano se observa que el nido de Furnariidae registra temperaturas máximas extremas superando los 50 °C. Si bien estos nidos están expuestos a la radiación solar directa, ya que son construidos en las horquetas de árboles muertos, nuestro sensor dentro del nido estuvo colocado en un recipiente plástico y tal vez, durante

el deterioro del nido pudo haber quedado expuesto a dicha radiación generado dentro del recipiente un incremento en la temperatura. Por otro lado, si bien el nido de Furnaridae se comportó de manera similar al control, el nido de Psittacidae en la provincia de Córdoba atenúa las temperaturas promedios diarias en las horas de mayor calor, y mantiene temperaturas más elevadas durante la noche en la primavera y verano, mostrando un comportamiento similar al domicilio. En cuanto a las humedades relativas, se observa que éstas son inferiores al control durante las noches y superiores durante el día, manteniéndose relativamente estable en las distintas estaciones del año. Si bien no se poseen datos en la bibliografía de variables microclimáticas en microhábitats silvestres en Argentina, Lorenzo et al. (2000) y Heger et al. (2006) observaron que en los pedregales donde comúnmente habita *T. brasiliensis* y en las palmeras donde es hallado *Rhodnius prolixus*, las temperaturas y humedades relativas de estos microhábitats fueron más similares al domicilio que a los peridomicilios o a las condiciones externas. La similitud en los valores y fluctuaciones de las variables microclimáticas entre el domicilio y el nido de Psittacidae podrían deberse a que dichos nidos, en la provincia de Córdoba, son contruidos por las aves en las bases de la palmerita (*Trithrinax campestris*), formando nidos comunales que podrían atenuar de manera considerable las condiciones adversas del ambiente. Por lo tanto, los nidos de Psittacidae, por lo menos en la provincia de Córdoba, serían un microhábitat donde los triatominos podrían refugiarse y sobrevivir durante los periodos más adversos del año.

Los insectos, son capaces de sobrevivir dentro de un cierto rango de temperaturas que les permiten realizar actividades básicas (Campbell, 1974, van der Have, 2002, Jarosik et al., 2002, 2004), y las temperaturas umbrales mínimas ($T_{\text{mín}}$) y máximas ($T_{\text{máx}}$) determinan el rango térmico adecuado para el desarrollo (Campbell, 1974, Dixon, 2009). Como ya se mencionó anteriormente en materiales y métodos todos los análisis de este trabajo de tesis fueron realizados con $T_{\text{mín}} \leq 15^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{máx}} \geq 40^{\circ}\text{C}$.

Los resultados obtenidos arrojan que la temperatura umbral máxima ($T_{\text{máx}}$) podría tener una influencia negativa en los triatominos de la provincia de Chaco en los meses de verano. Las temperaturas por encima de los 40 °C en el microhábitat domiciliario, peridomiciliario y silvestre (nido de Psittacidae), fueron relativamente escasas (entre 12 y 51 horas en los distintos meses) en comparación con la cantidad de horas favorables en los meses de diciembre, enero y febrero. No obstante, estas temperaturas extremas podrían tener un efecto importante en el comportamiento de los insectos, ya que al estar expuestos a temperaturas superiores a los 40 °C tendrían que buscar refugios en otros escondrijos dentro de los microhábitats, quedando a merced de depredadores o trasladarse a microhábitats más apropiados donde poder refugiarse. Por otro lado, si bien el nido de Psittacidae se comportó de manera similar al control, en el nido de Furnaridae se registraron temperaturas superiores al umbral ($T_{\text{máx}}$) en más de 80 horas en diciembre y enero. Estas altas temperaturas extremas pudieron estar influenciadas por el recipiente que contenía al sensor dentro del nido. De no ser debido a esto, las condiciones microclimáticas en los nidos de Furnaridae, en la provincia de Chaco, harían casi imposible la permanencia y/o supervivencia de los triatominos en estos microhábitats. Recientemente, Catalá et al. (2015) observaron que los pedregales donde habita *T. brasiliensis* alcanzan temperaturas superiores a los 60 °C, sin embargo, en las grietas (microhábitat) no obtuvieron temperaturas mayores a los 42 °C y los insectos no realizaron búsqueda de alimento con temperaturas mayores a los 40 °C. Por lo tanto, suponemos que en los pedregales los insectos se refugiarían en las grietas de las rocas donde la temperatura es menor. Esto es imposible de ocurrir ya que los insectos que habitan los nidos de Furnaridae en la provincia de Chaco, no tendrían otros refugios cercanos en el mismo árbol muerto donde las aves construyen los nidos.

En la provincia de Córdoba, los sensores colocados en el domicilio, peridomicilio y nido de Psittacidae no registraron temperaturas superiores a los 40 °C. Al igual que en la provincia de Chaco, el nido de Furnaridae fue el único microhábitat en la provincia de Córdoba donde las temperaturas superiores al umbral ($T_{\text{máx}}$) podrían influir directamente sobre los triatominos, dificultando que

estos puedan permanecer durante estos periodos en dichos microhábitats. Sin embargo, en la provincia de Córdoba, las condiciones microclimáticas no serían tan severas como en el nido de Furnaridae de la provincia de Chaco, ya que en estos nidos se registraron menor cantidad de horas con temperaturas máximas extremas.

Los promedios mensuales de temperatura de los microhábitats en ambas provincias fueron inferiores o cercanos a la temperatura umbral mínima (T_{\min}) en los meses de junio, julio y agosto. Nuestros datos difieren en gran medida por los colectados por Vazquez-Prokopec et al. (2002) en la provincia de Santiago del Estero, debido a que los promedios mensuales de temperatura nunca fueron inferiores a los 15 °C en ningún microhábitat, como tampoco en el ambiente externo. Si bien las temperaturas menores al umbral se concentran principalmente en los meses de invierno, podrían desempeñar un papel importante desde mayo a septiembre en la provincia de Chaco y desde abril a septiembre en la provincia de Córdoba, principalmente en los peridomicilios y en los microhábitats silvestres. Además de esta diferencia temporal, en la provincia de Córdoba los triatominos estarían expuestos a temperaturas mínimas por periodos de horas más extensos que en la provincia de Chaco. Por ejemplo, los sensores colocados en los microhábitats en la provincia de Córdoba registraron más del 80% de las horas del mes de julio temperaturas inferiores al umbral, mientras que en la provincia de Chaco este porcentaje no superó el 52% durante dicho mes. Por lo tanto, las especies de triatominos que se distribuyen en la provincia de Córdoba podrían disminuir sus poblaciones en los meses de invierno, seguramente sufriendo una gran mortalidad de individuos por inanición en el mes de julio, cuando las condiciones son más severas.

Si bien las humedades relativas analizadas en este trabajo de tesis, fueron clasificadas en periodo favorable ($HR \leq 20\%$), tolerable (HR entre 20 y 80%) y desfavorable ($HR \geq 80\%$), basándonos en los trabajos publicados principalmente por Lazzari (1991), Roca y Lazzari (1994), Lorenzo y Lazzari (1999), nuestros resultados muestran que en la provincia de Chaco, donde se esperaría encontrar

un gran porcentaje de horas con humedades relativas menores al 20%, sus valores son realmente escasos o nulos en la mayoría de los meses del año. Por lo tanto, las condiciones macroclimáticas y microclimáticas que pueden tolerar los triatominos en la provincia de Chaco y Córdoba no coinciden con los resultados obtenidos por los anteriores autores. En la bibliografía, se puede observar que la mayoría de las especies de triatominos son mantenidas en laboratorio en condiciones de humedad relativa entre 50-80% (Rabinovich, 1983, Canals et al., 1998, Luz, 1999), mostrando en general buenos resultados en los parámetros poblacionales. Curto de Casas et al. (1994), proponen que el nivel óptimo en el mantenimiento de las colonias de la mayoría de las especies de triatominos se encuentra cercano al 70% de humedad relativa. Los promedios mensuales de humedad relativa de los microhábitats en ambas provincias muestran valores alrededor de 50% de humedad relativa en los meses de verano, y alrededor de 80% de humedad relativa en los meses de invierno, por lo que nuestros resultados avalarían las condiciones de cría de los triatominos en los insectarios.

Los análisis realizados sobre la base de la interacción de temperatura y humedad relativa sugieren que los triatominos no prefieren permanecer en lugares con humedad superior al 80% y temperatura inferior o superior a los umbrales (15°C, 40°C) (Jurberg y Galvão, 2006). Las horas del día en que se producen combinaciones de temperatura y humedad por fuera de los límites de preferencia (temperaturas entre 15 y 40°C y humedad relativa menor al 80%) fueron consideradas horas desfavorables para el desarrollo y supervivencia de los triatominos. En este sentido, los resultados de este análisis muestran que, en el peridomicilio y los microhábitats silvestres de la provincia de Chaco, la humedad relativa fue la variable que más contribuyó a incrementar los porcentajes de horas desfavorables desde marzo a junio y desde octubre a febrero. En cambio, en el domicilio de Chaco, las humedades relativas superiores al 80% solo tuvieron influencia en las horas desfavorables durante los meses de abril, mayo y junio; en los restantes meses sus porcentajes de contribución fueron muy escasos o nulos. Por otro lado, en todos los microhábitats, las temperaturas inferiores a los 15°C fueron las que aportaron en mayor medida al incremento del porcentaje de las

horas desfavorables en los meses de julio, agosto y septiembre. Solamente en el domicilio y en el nido de Furnaridae las temperaturas superiores al umbral ($T_{\text{máx}}$) fueron significativas en el aporte de las horas desfavorables en los meses más calurosos del año.

Por el contrario, en la provincia de Córdoba la humedad relativa registrada por los sensores en todos los microhábitats, muestra una influencia marcada de esta variable en los porcentajes de horas desfavorables en casi todos los meses del año. Solamente en los meses de junio y julio las temperaturas inferiores a la temperatura umbral mínima ($T_{\text{mín}}$) tuvieron un aporte significativo mayor que las humedades relativas superiores al 80%, incrementando los porcentajes de horas desfavorables. Por lo tanto, en la provincia de Córdoba exceptuando el periodo más frío del año, la humedad relativa sería la variable que podría influenciar en el desarrollo y supervivencia de los triatominos, reduciendo en cierta medida la fecundidad, retrasando el desarrollo ninfal o aumentando el tiempo generacional de las poblaciones. Si bien los umbrales de temperatura y humedad relativa utilizados en la combinación de ambas variables fueron los mismos a los utilizados en los análisis de cada variable independientemente, no siempre esta combinación podría presentar una condición desfavorable para los triatominos. Sin embargo, varios autores han propuesto que cuando se asocia una alta temperatura con una humedad relativa baja, el ciclo se acorta por la alteración metabólica y deshidratación, aumentando el número de ingestas de sangre para equilibrar la pérdida de agua (Silva, 1985, 1989, Silva y Silva 1988, 1993). Un análisis exhaustivo de la interacción entre ambas variables microclimáticas sería necesario para poder corroborar los resultados obtenidos en esta tesis doctoral.

4 CAPITULO 3 DISTRIBUCIONES POTENCIALES DE LAS ESPECIES DE TRIATOMINOS EN ARGENTINA

4.1 INTRODUCCIÓN

La distribución geográfica de las especies de triatomínos está relacionada con factores bioclimáticos, como la temperatura, la precipitación y la humedad, y con las especies de vertebrados con las que están relacionadas tróficamente (Carcavallo, 1999).

Los cambios en estas variables debido al cambio climático global podrían impactar seriamente en la dinámica epidemiológica de las enfermedades transmitidas por vectores (Githeko et al., 2000, Mirski et al., 2012). Sin embargo, la influencia de los factores bióticos y abióticos en los hospedadores, vectores y patógenos, a causa de la futura distribución espacial y temporal de las enfermedades sigue siendo difícil de predecir (Tabachnick, 2009). Los insectos juegan un papel clave en las áreas en las que los vectores pueden transmitir patógenos a una amplia variedad de animales, que a menudo representan el puente entre los reservorios zoonóticos y los seres humanos (Eisen y Eisen, 2008, Gage et al., 2008). Del mismo modo, los patógenos pueden dispersarse a través de vectores a nuevas zonas, que previamente no eran endémicas, aumentando los riesgos de transmisión (Sutherst, 2004). Además, un cambio en la distribución de los vectores también pueden dar lugar a la superposición espacial de diferentes especies de vectores (Brooks y Hoberg, 2007), cambiando así el impacto de la transmisión de patógenos, interfiriendo con sus ciclos epidemiológicos (Tabachnick, 2009) o resultando en una competencia interespecífica entre las especies vectoras (Reitz, 2002).

En general, los Modelos de Distribución de Especies (SDM) estiman la relación entre los puntos de presencia de las especies y un conjunto de variables ambientales y/o las características espaciales de estos sitios (Franklin et al.,

2009). Varios métodos han sido utilizados para predecir la distribución potencial de las especies utilizando Modelos de Nicho Ecológico (EMN) basados en puntos de ocurrencia y variables ambientales, arrojando generalmente buenos resultados (Tsoar et al., 2007). De hecho, este enfoque permite desarrollar modelos de distribución geográfica potencial bajo condiciones climáticas actuales y futuras (Peterson, 2006, Caminade et al., 2013). La comprensión de los patrones espaciales del riesgo humano a la exposición de vectores artrópodos y sus patógenos asociados es fundamental para la orientación en la prevención, vigilancia y control (por ejemplo, la administración de fármacos, las campañas de educación, el uso de sitios centinelas para monitorear la abundancia de vectores, y la identificación de áreas de alto riesgo para el uso más eficaz de los pesticidas). El riesgo de enfermedades transmitidas por vectores puede, en muchos casos, modelarse con gran precisión predictiva mediante el uso de sistemas de información geográfica, porque la abundancia de vectores y sus reservorios de patógenos, a menudo, se asocian con factores ambientales (Eisen y Eisen, 2008).

Los trabajos que relacionan la distribución de los triatominos con variables ambientales se han incrementado en los últimos años (Costa et al., 2002, López-Cárdenas et al., 2005, Almeida Batista y Gurgel-gonçalves, 2009, Carbajal de la Fuente et al, 2009, Gurgel-Gonçalves y Cuba, 2009, Garza et al., 2014, entre otros), sin embargo los trabajos realizados en las especies que habitan Argentina son escasos restringiéndose a los realizados por Gorla (2002), de la Vega et al. (2014) y Medone et al. (2015). Además las especies que habitan nuestro país, poseen preferencias de hábitats muy dispares por lo que las variables bioclimáticas podrían afectarlas de diferente manera.

Si bien existen trabajos que relacionan los efectos de las variables ambientales, principalmente temperatura y humedad relativa, con los procesos comportamentales y fisiológicos de los triatominos, todos se han realizado en laboratorio, donde las condiciones son estables y controladas (Lazzari 1991, Luz et al., 1999, de la Vega et al., 2014). Analizar y obtener las variables bioclimáticas que determinan la distribución actual y futura de las especies a escala regional

podría ayudar a inferir los cambios epidemiológicos debido al cambio climático global.

En la presente tesis doctoral es la primera vez que se obtienen los mapas de distribución actual y los mapas de predicción para el año 2050, bajo dos escenarios de cambio climático y sus correspondiente variables bioclimáticas, que determinarían la distribución de las especies de triatomíneos en Argentina.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Especies de triatominos en Argentina

Carcavallo et al. (1999) citan que en la República Argentina se hallaron 17 especies de triatominos, aunque *T. rubrofasciata* fue reportada una sola vez en Argentina en el puerto de Buenos Aires. Se sabe que esta especie habitualmente viajaba en barcos de puerto en puerto entre las diferentes ciudades del mundo, por lo que se intuye que haya llegado a Buenos Aires de esa manera. Al no ser hallada ni registrada ninguna otra vez en Argentina, en esta tesis se ha tomado la decisión de excluirla del análisis.

A partir de los trabajos publicados por Galvao y Justi (2015), y Abalos (1958), realizamos una clasificación de las especies de triatominos de Argentina según sus preferencias de hábitats, en:

- “Especies domesticas/peridomésticas”: especies que poseen colonias y que se establecen en el domicilio y/o peridomicilio aunque también poseen poblaciones naturales en el hábitat silvestre
- “Especies silvestres”: especies que son halladas principalmente en el hábitat silvestre y ocasionalmente han sido encontradas en peridomicilios y/o domicilios, atraídas por la oferta de alimento o por las luces de estos últimos.

4.2.2 Áreas de estudio

Las especies de triatominos que habitan Argentina ocupan territorios muy dispares, con especies distribuidas en pequeñas zonas del país (*T. breyeri* y *T. limai*) y especies que se extienden desde Argentina hasta México, como *P. geniculatus* o *P. rufotuberculatus* (Carcavallo et al., 1999). Al modelar en MaxEnt las posibles distribuciones potenciales de estas especies, es indispensable tener en cuenta el *Background* o área accesible, ya que tiene grandes efectos sobre la calibración, evaluación e interpretación de los modelos de distribución, y por tanto debe ser definido *a priori* basado en las características de historia de vida de las

especies de interés (Barve et al., 2011). El área accesible del modelo debe corresponder a las áreas del mundo que son accesibles por la especie, y dependerán de las oportunidades y limitantes que tenga la especie para moverse o dispersarse (Barve et al., 2011, Merow et al., 2013). La estimación de esta área accesible es, sin embargo, una tarea desafiante en la práctica y existen varios enfoques para incluirla explícitamente en los análisis de modelamiento de nicho (Barve et al., 2011). Debido a lo detallado anteriormente, se utilizaron diferentes escalas geográficas (ventanas) para realizar los modelos de nicho ecológico de las 16 especies:

- Ventana Americana (125 N, 38.875 O; -56.95833 S, -33.8333 O): utilizada para construir los modelos de las especies *Panstrongylus geniculatus* y *P. rufotuberculatus*.
- Ventana Sudamericana (14.0833 N -85.1666 O; -57.9583 S, -32.5833 O): utilizada para *P. megistus*, *Triatoma garciabesi*, *T. guasayna*, *T. infestans* y *T. sordida*.
- Ventana Argentina (-15 S, -75.7916 O; -56.4583 S, -38.8333 O): utilizada para *P. guentheri*, *Psammolestes coreodes*, *T. breyeri*, *T. delpontei*, *T. eratyrisiformis*, *T. limai*, *T. patagonica*, *T. platensis* y *T. rubrovaria*.

4.2.3 Datos de presencias

Los datos de distribución geográfica de las especies 16 de triatominos que se encuentran en Argentina fueron obtenidos a partir de la digitalización de los mapas de rango geográfico del Atlas de Carcavallo et al. (1999), el cual cuenta con mapas de rango geográfico de 115 especies de triatominos a una resolución de aproximadamente 1:3.700.000 (Medone et al., 2015). A partir de la información digitalizada, se construyó una base de datos con una resolución de 0.1° (~ 10 km) y se le asignó un valor de presencia igual a 1 a cada una de las coordenadas correspondientes al rango geográfico ocupado por la especie, y un valor de 0 a cada coordenada fuera del área de distribución potencial de la especie. Del total de puntos de presencia de cada especie de Triatominos mostrados en la Tabla 4-3, se seleccionaron un 5% de estos puntos al azar que incluyen puntos dentro

de todo el rango de la distribución geográfica (áreas centrales y marginales) para cada una de las especies (Sexton et al., 2009, Medone et al., 2015). De esta manera se redujo la sobre parametrización de los modelos, causada por la excesiva cantidad de datos. La única especie en los que se utilizaron el 100% de los puntos de presencia fue *T. breyeri*, debido a su restringida distribución, y si se seleccionaban un 5% de los puntos de ocurrencia no se contaba con el mínimo tamaño de muestra de datos para permitir un robusto desarrollo de los modelos de nicho ecológico (ENM) (Stockwell y Peterson, 2002).

4.2.4 Variables macroclimáticas

Las variables bioclimáticas (Hijmans et al., 2005) utilizadas para el modelado de nicho climático de las 16 especies de triatomíneos de Argentina fueron obtenidas de la base de datos WorldClim, tanto para las condiciones climáticas actuales (promedio de los años 1950 a 2000) como para el 2050 (promedio de los años 2041 a 2060) (<http://www.worldclim.org/>) (Tabla 4-1).

Tabla 4-1 Total de 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos Worldclim. Entre paréntesis se indica la sigla, para más información ver <http://www.worldclim.org>.

Variable bioclimática (sigla)
Temperatura media anual (bio1)
Amplitud térmica diaria promedio (bio2)
Isotermalidad ($\text{bio2/bio7} * 100$) (bio3)
Estacionalidad de la temperatura (bio4) (desvío estándar *100)
Temperatura máxima del mes más cálido (bio5)
Temperatura mínima del mes más frío (bio6)
Amplitud térmica anual (Bio5-Bio6)
Temperatura media del trimestre más húmedo (bio8)
Temperatura media del trimestre más seco (bio9)
Temperatura media del trimestre más cálido (bio10)
Temperatura media del trimestre más frío (bio11)
Precipitación media anual (bio12)
Precipitación media del mes más húmedo(bio13)

Precipitación media del mes más seco (bio14)
Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (Bio15)
Precipitación media del trimestre más húmedo (bio16)
Precipitación media del trimestre más seco (bio17)
Precipitación media del trimestre más cálido (bio18)
Precipitación media del trimestre más frío (bio19)

Todas las variables bioclimáticas, tanto actuales como futuras, tuvieron una resolución de 2.5 arc-min (~5 km) y son generadas sobre la base de la interpolación de la precipitación total mensual, el promedio mensual de temperatura, mínimas y máximas mensuales de temperatura y la altitud obtenidas a partir de estaciones meteorológicas ubicadas en todo el mundo (<http://www.worldclim.org/>).

Para las condiciones climáticas futuras, se utilizaron las variables bioclimáticas proyectadas por el modelo HadGEM2-ES (Jones et al., 2011, Martin et al., 2011) para el año 2050 bajo dos escenarios de emisión de gases (RCP, de las siglas en inglés Representative Concentration Pathways): 4.5 y 8.5 (IPCC, 2014). Estas proyecciones son el resultado del re-escalamiento y la calibración de los Modelos de Circulación Global usados en el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (IPCC, 2014).

4.2.5 **Análisis de multicolinealidad**

Para eliminar la auto correlación entre las 19 variables bioclimáticas, se realizó un análisis de correlación cruzada, tomando 10.000 puntos al azar de cada variable bioclimática en cada una de las tres ventanas utilizadas como áreas de estudio, utilizando la herramienta *selección aleatoria* (QGISDesktop, v 2.0.1 software 2003). Se eliminaron aquellas variables que estuvieran auto correlacionadas en un 80%. Todos los análisis se llevaron a cabo en el software R Studio 2.15.1.

4.2.6 **Modelado de nicho ecológico en condiciones climáticas actuales y futuras**

Para la generación de los modelos de nicho ecológico se utilizó el paquete MaxEnt, ver. 3.3.3 (Maximun Entropy) (Phillips et al., 2006), el cual es software diseñado para hacer inferencias sobre la distribución de las especies utilizando únicamente datos de presencia. Se evalúan a partir de ellos las condiciones de residencia, y a partir de ahí se estima qué tan adecuadas son las condiciones ambientales en otros sitios para la presencia de la especie (Peterson et al., 2011). Utilizamos los parámetros por defecto, con un grupo de entrenamiento (*training*) del 70% de los datos de presencia y un grupo *test* del 30%, incluyendo 20.000 puntos de *background* seleccionados al azar (Phillips et al., 2009). Asimismo, se empleó el método de validación cruzada (*crossvalidate*) de 100 réplicas, por lo que el resultado final consistió en un promedio de las 100 iteraciones.

4.2.7 **Importancia de las variables ambientales**

Para evaluar la contribución de las variables ambientales a la predicción de los modelos de cada especie se analizaron los resultados de dos vías que el programa MaxEnt utiliza: la estimación de los porcentajes de contribución relativa al modelo y los resultados de la prueba *Jackknife*. Se utilizaron los valores de resumen de los resultados de los 100 modelos, que contienen los valores promedios para todos los parámetros analizados.

En el caso de la prueba de *Jackknife* se crean tres tipos de modelos. El primer tipo de modelo se construye con todas las variables excluyendo una variable ambiental, para determinar así como la variable excluida afecta al modelo. El siguiente modelo se crea usando cada variable ambiental de manera independiente, para observar cómo es su aporte individual al modelo general. Por último se construye un modelo usando todas las variables. Por lo tanto, con este procedimiento se pueden identificar las variables que más información aportan al modelo por sí solas y las variables que más información poseen y que no aparece en otras variables.

Con el fin de seleccionar sólo las variables que más aportaban al modelo final realizamos el siguiente procedimiento: 1) utilizamos todas las variables para ejecutar cada modelo, 2) comprobamos los resultados de las pruebas *Jackknife* y omitimos la/s variable/s que tuvieran un efecto negativo sobre la ganancia total del modelo (en otras palabras, utilizando las variables restantes se obtendría más ganancia que al incluir esta variable) y aquellas variables que no tuvieran una curva respuesta normal, 3) utilizamos las variables restantes para ejecutar nuevamente el modelo y comprobamos los resultados de la prueba *Jackknife* para omitir otras variables. Por último, 4) se repitieron el paso 2) y 3) hasta que todas las variables tuvieran un efecto positivo en la ganancia total (Ceccarelli et al., 2015). Por último, seleccionamos la opción *crear curvas respuesta* para correlacionar la probabilidad relativa de ocurrencia predicha con el valor de cada ambiental variable. Toda la metodología descrita para la realización de este análisis ya ha sido utilizada junto a la Lic. Ceccarelli (con la cual comparto la primera autoría del trabajo Ceccarelli et al., 2015), en la cual realizamos una predicción sobre la posible distribución potencial de *Triatoma virus* (TrV) en base a datos obtenidos en nuestro laboratorio.

4.2.8 Evaluación de los modelos de nicho ecológico

Se evaluó la bondad de ajuste de las predicciones de los modelos (utilizando el promedio de las 100 iteraciones) mediante el área bajo la curva (AUC según sus siglas en inglés) de la Característica Operada por el Receptor (ROC según sus siglas en inglés), calculado de forma rutinaria para cada corrida por el software MaxEnt. El AUC varía entre 0 y 1, un valor de 1 indica una predicción perfecta, mientras que valores cercanos o por debajo de 0,5 indican que el modelo no es más informativo que lo obtenido por azar. Se estableció un valor umbral de $AUC \geq 0,70$ para considerar aceptable el modelo predictivo. Aunque la bondad AUC de ajuste ha sido criticado (Lobo et al., 2008), es muy útil para identificar áreas adecuadas de ocurrencia y para la comparación de los modelos de distribución de especies (Terribile et al., 2010).

Una vez obtenidos los modelos finales, se realizó una cuadrícula vectorial a escala Argentina, con una resolución de 0.075° (~ 5 km), y se extrajeron los valores de adecuabilidad climática predicha para las especies de los modelos 4.5 y 8.5, utilizando la herramienta *grid values to point* (QGISDesktop, v 2.0.1 software 2003). Se exportaron las tablas de atributos de cada capa vectorial de adecuabilidad climática predicha, para las condiciones actuales y para el año 2050, y se estimaron el promedio, el desvío estándar, y los valores mínimo y máximo para cada una de las especies.

4.2.9 Cambios en la Adecuabilidad Climática

Para analizar los cambios en la adecuabilidad entre las condiciones climáticas actuales y el año 2050, se llevó a cabo la clasificación de esta variable en tres clases de igual tamaño: valores de 0 a 0.33= baja, de 0.33 a 0.66= media, y de 0.66 a 1= alta. Para ello, se reclasificaron las capas raster de adecuabilidad climática (actual y futura), a las cuales se les asignó un identificador numérico único (*ID*) utilizando la herramienta *reclass* (QGIS Desktop, v 2.0.1). Luego se estimó la diferencia entre las predicciones de adecuabilidad reclasificadas para el 2050 y la actualidad, mediante la herramienta *Calculadora raster* (QGIS Desktop, v 2.0.1). Como resultado se obtuvo una nueva capa raster con las transiciones entre clases de adecuabilidad, identificadas por un valor único (Tabla 4-2) resultante de la suma entre los mapas de adecuabilidad reclasificados para las condiciones actuales y el 2050.

Tabla 4-2 Transiciones entre las clases de adecuabilidad actual y el año 2050 para los modelos 4.5 y 8.5.

Transición de la <i>adecuabilidad</i> climática actual a futuro (2050)	<i>ID</i> actual+ <i>ID</i> futuro	Índice
Alta a Baja	-3+ 10	7
Media a Baja	-2+ 10	8
Baja, sin cambios	-1+ 10	9
Alta a Media	-3+ 20	17
Media, sin cambios	-2+ 20	18
Baja a Media	-1+ 20	19
Alta, sin cambios	-3+30	27
Media a Alta	-2+ 30	28
Baja a Alta	-1+ 30	29

Los valores de las transiciones en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el 2050, fueron extraídos mediante la herramienta *grid values to point* del software QGIS (Desktop, v 2.0.1 software), utilizando la cuadrícula vectorial a escala Argentina con una resolución de 0.075° (~ 5 km).

4.2.10 Cambios en la distribución geográfica

Para analizar los cambios en la distribución geográfica de todas las especies entre las condiciones climáticas actuales y el año 2050, se tomaron para cada coordenada los valores de adecuabilidad predichos de las capas raster arrojadas por los modelos finales de MaxEnt y se las reclasifico en dos categorías: desde 0 al *décimo percentil de umbral de presencia*= ausencia y desde el *décimo percentil de umbral de presencia* a 1= presencia (Escalante et al., 2013). Por lo tanto, una coordenada con una adecuabilidad mayor a dicho umbral fue clasificada como presencia, mientras que una coordenada con una adecuabilidad menor al umbral fue clasificada como ausencia. Luego se realizó la multiplicación de la capas raster actuales por las capas futuras bajo los dos escenarios (4.5 y 8.5), mediante la herramienta *Calculadora raster* (QGIS Desktop, v 2.0.1). Como resultado se obtuvieron nuevas capas raster con los cambios en las distribuciones de las especies, clasificadas como:

- Ausencia sin cambio= ausencia en ambas capas raster, tanto actuales como futuras.
- Aumento= ausencia en las capas raster actuales, presencia en las capas futuras.
- Disminución= presencia en las capas raster actuales, ausencia en las capas futuras.
- Presencia sin cambio= presencia en ambas capas raster, tanto actuales como futuras.

4.2.11 Relación entre las variables macro y microclimáticas

Se obtuvieron los valores de las variables macroclimáticas (Bioclim) relacionadas con la temperatura en las coordenadas más cercanas a los puntos georreferenciados de cada microhábitats en las provincias de Chaco y Córdoba. Para este procedimiento se utilizó una cuadrícula vectorial a escala Argentina con una resolución de 0.075° (~ 5 km), y se extrajeron los valores de cada variable macroclimáticas.

Para la obtención de los valores de las variables macroclimáticas a partir de los datos obtenidos en cada microhábitats en las provincias de Chaco y Córdoba, se realizó la metodología propuesta por O'Donnell e Ignizio (2012). De esta manera, se obtuvieron los valores de las variables microclimáticas de cada microhábitats en ambas provincias.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Clasificación de las especies de triatominos

A partir de la clasificación realizada en el inciso 3.2.1 se observa que nueve de las 16 especies de triatominos que habitan Argentina son “especies domesticas/peridomésticas”, incluyendo esta categoría a *P. megistus*, *P. rufotuberculatus*, *T. garciabesi*, *T. guasayana*, *T. infestans*, *T. patagonica* y *T. sordida*; y las restantes siete (*P. geniculatus*, *P. guentheri*, *Ps. coreodes*, *T. breyeri*, *T. delpontei*, *T. eratyrusiformis*, *T. limai*, *T. platensis* y *T. rubrovaria*) quedaron incluidas en la categoría “especies silvestres”.

4.3.2 Puntos de presencia de las especies

En la Tabla 4-3 se presentan el número de puntos de presencia digitalizados a partir del Atlas de Carcavallo et al. (1999) y el número de puntos de presencia seleccionados para realizar los modelos de cambio climático global para las 16 especies de triatominos de Argentina. La especie que presentó el menor número de puntos de ocurrencia, y que satisfacía la condición con la mínima cantidad de puntos de ocurrencia para realizar los modelos de distribución en el software Maxent 3.3.3, fue *T. limai* y la especie con la distribución más amplia, por lo tanto, con el mayor número de puntos fue *P. geniculatus*.

Tabla 4-3 Número de puntos de presencia de las especies de triatomíneos en el total de su distribución geográfica. Las especies con * corresponden a las “especies domésticas/peridomésticas” y las especies sin * corresponden a las “especies silvestres”.

Especie	Puntos de presencia Carcavallo et al., 1999	Puntos de presencia utilizados en los modelos
<i>P. geniculatus</i>	100109	5005
<i>T. infestans</i> *	47008	2350
<i>T. sordida</i> *	38174	1909
<i>P. megistus</i> *	31815	1591
<i>P. rufotuberculatus</i> *	20530	1027
<i>T. patagonica</i>	15977	799
<i>T. platensis</i> *	15691	785
<i>P. guentheri</i>	13253	662
<i>T. guasayana</i> *	12882	644
<i>Ps. coreodes</i>	10380	519
<i>T. garciabesi</i> *	8594	430
<i>T. delpontei</i>	6383	320
<i>T. eratyrsiformis</i>	5274	264
<i>T. rubrovaria</i>	4364	218
<i>T. limai</i>	922	46
<i>T. breyeri</i>	294	294

4.3.3 Variables bioclimáticas predictoras de la adecuabilidad climática

El análisis de correlación cruzada arrojó que 9 de las 19 variables bioclimáticas estaban auto correlacionadas en más del 80%. Por lo tanto, los modelos de nicho ecológico se realizaron con 10 variables:

- Amplitud térmica diaria promedio (bio2).
- Estacionalidad de la temperatura (bio4) (desvío estándar *100).
- Temperatura máxima del mes más cálido (bio5).
- Temperatura mínima del mes más frío (bio6).
- Precipitación media del mes más húmedo (bio13).
- Precipitación media del mes más seco (bio14).
- Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (Bio15).

- Precipitación media del trimestre más cálido (bio18).
- Precipitación media del trimestre más frío (bio19).

A partir de los resultados del análisis de *Jackknife* se observa que la precipitación media del mes más húmedo (bio13) fue la variable que, en mayor o en menor medida, estuvo representada en todas las especies, salvo en el modelo 4.5 de *T. eratyrusiformis*, donde no contribuyó al modelo final. En el 85% de las “especies domesticas-peridomésticas”, la estacionalidad de la temperatura (bio4) fue la variable bioclimática que con mayor porcentaje de contribución en la adecuabilidad climática, y solamente en la especie *T. sordida* la amplitud térmica diaria promedio (bio2) supero a esta variable (Tabla 4-4). Por lo tanto, las “especies domesticas” estuvieron relacionadas principalmente con la temperatura y, en menor medida, con la precipitación media del trimestre más frío (bio19) y con la precipitación media del mes más húmedo (bio13). Por otro lado, en las “especies silvestres” no se observa una marcada tendencia como en las “especies domesticas” hacia determinadas variables (Tabla 4-4).

Tabla 4-4 Porcentaje de contribución relativa de las variables ambientales a la adecuabilidad climática al modelo 4.5 - 8.5 de las especies de triatominos en Argentina. Los valores en *italica* y resaltados corresponden a las variables con mayor contribución a los modelos finales. Las especies con * corresponden a las "especies domesticas/peridomésticas" y las especies sin * corresponden a las "especies silvestres".

Especie/variable	bio2	bio4	bio5	bio6	bio13	bio14	bio15	bio18	bio19
<i>P.megistus*</i>		53.9 - 45.6		30.1 - 28	16.1 - 13.6		0 - 12.9		4.9 - 0
<i>P.rufotuberculatus*</i>		89.9 - 89.8		4.1 - 4.1	1.2 - 1.2				0 - 4.9
<i>T.garciabesi*</i>	21 - 21	52.7 - 52.7		1.6 - 1.9	6.7 - 6.7				17.6 - 17.6
<i>T.guasayana*</i>	32.7 - 31.4	49.5 - 47.9		0 - 5.2	17.8 - 15.5				
<i>T.infestans*</i>	7.9 - 0	69 - 71.4		18.2 - 22.3	4.8 - 5.8				
<i>T.patagonica*</i>	13.3 - 13.3	79.8 - 79.8		5.7 - 5.7	1.3 - 1.3				
<i>T.sordida*</i>	31.7 - 31.7	18.7 - 18.7		20.6 - 20.6	15.8 - 15.8				13.1 - 13.1
<i>P.geniculatus</i>	4.6 - 4.8	8.8 - 9.0		82.2 - 81.4	4.4 - 4.3			0 - 0.6	
<i>P.guentheri</i>	27.5 - 27.5		42.6 - 42.6		29.9 - 29.9				
<i>Ps.coreodes</i>	9.6 - 0	28.2 - 30.5	44.4 - 49.5		7.4 - 7.2			10.4 - 12.7	
<i>T.breyeri</i>	0 - 3.2	0 - 27.9		16.6 - 6.1	22.6 - 9.7	0 - 0.1		17.6 - 13.7	43.6 - 39.2
<i>T.delpontei</i>	31.8 - 22.7	0 - 23.3	38.2 - 34.2		30 - 19.8				
<i>T.eratyrusiformis</i>	11 - 19.9	56.7 - 56.4		0 - 11	0 - 4.4			0 - 8.2	32.3 - 0
<i>T.limai</i>	1.1 - 1	28.3 - 27.3		17.7 - 18.8	11.9 - 11.9		22.6 - 22.2		18.4 - 18.7
<i>T.platensis</i>		64.8 - 64.3	31.4 - 30.8	0 - 0.8	3.8 - 4.1				
<i>T.rubrovaria</i>	6.3 - 5.5			27.3 - 29.6	8.8 - 8.5	39.6 - 37.5	18 - 18.8		0.2 - 0.2

4.3.4 Validación de los modelos de nicho ecológico

El área media bajo la curva (AUC) de los modelos finales en las “especies domésticas - peridomésticas” variaron entre 0.788 ± 0.032 para *T. infestans* y 0.961 ± 0.014 para *T. garciabesi*, y en las “especies silvestres” variaron entre 0.704 ± 0.026 para *P. geniculatus* y 0.992 ± 0.003 para *T. limai* (Tabla 4-5).

Tabla 4-5 Area bajo la curva (AUC), desviaciones estándar para los modelos 4.5 - 8.5 de las especies de triatomos en Argentina. Las especies con * corresponden a las "especies domesticas/peridomésticas" y las especies sin * corresponden a las “especies silvestres”.

Especies	Modelo 4.5		Modelo 8.5	
	AUC	S.D AUC	AUC	S.D AUC
<i>P. megistus</i> *	0.814	0.033	0.8283	0.031
<i>P. rufotuberculatus</i> *	0.833	0.041	0.833	0.041
<i>T. garciabesi</i> *	0.961	0.014	0.961	0.014
<i>T. guasayana</i> *	0.919	0.027	0.922	0.027
<i>T. infestans</i> *	0.788	0.032	0.784	0.031
<i>T. patagonica</i> *	0.853	0.033	0.853	0.033
<i>T. sordida</i> *	0.827	0.008	0.827	0.008
<i>P. geniculatus</i>	0.704	0.026	0.704	0.009
<i>P. guentheri</i>	0.869	0.033	0.869	0.033
<i>Ps. Coreodes</i>	0.981	0.030	0.891	0.03
<i>T. breyeri</i>	0.991	0.001	0.991	0.001
<i>T. delpontei</i>	0.886	0.065	0.895	0.057
<i>T. eratyrsiformis</i>	0.933	0.032	0.933	0.043
<i>T. limai</i>	0.992	0.003	0.991	0.003
<i>T. platensis</i>	0.85	0.035	0.851	0.032
<i>T. rubrovaria</i>	0.954	0.003	0.954	0.023

Los valores de adecuabilidad climática variaron entre 0.00000009 y 0.920 para *T. garciabesi*, y entre 0 para *T. breyeri* y *T. limai* y 0.918 para *T. delpontei*, para las “especies domésticas - peridomésticas” y “silvestres”, respectivamente. En las “especies domésticas - peridomésticas”, *P. rufotuberculatus* presento la menor adecuabilidad climática media mientras que *T. infestans* fue la especie con mayor adecuabilidad media para los tres modelos analizados. En las “especies

domesticas”, los modelos 4.5 tienden, en promedio, a aumentar la adecuabilidad climática media mientras que los modelos 8.5 tienden a reducirla. Por otro lado, *T. breyeri* presentó la menor adecuabilidad climática media en las “especies silvestres”, y *T. platensis* la mayor, tanto para el modelo actual como para los modelos futuros (Tabla 4-7 y Tabla 4-7). Al contrario que en las “especies domésticas”, en las “especies silvestres” los modelos 4.5 tienden a disminuir, en promedio, la adecuabilidad climática media; en cambio los modelos 8.5 incrementan dicho parámetro.

Tabla 4-6 Estadísticas básicas de la adecuabilidad climática para las “especies domésticas – peridomésticas”, predicha para las condiciones actuales y para los modelos 4.5 y 8.5.

Especie	Modelos	Media	Mínima	Máxima
<i>P. megistus</i>	Actual	0.078	0.0000855	0.660
	4.5	0.038	0.0000822	0.650
	8.5	0.034	0.0000386	0.668
<i>P. rufotuberculatus</i>	Actual	0.024	0.0008264	0.680
	4.5	0.015	0.0006898	0.692
	8.5	0.014	0.0006684	0.693
<i>T. garciabesi</i>	Actual	0.2121	0.00000009	0.819
	4.5	0.2053	0.00000014	0.910
	8.5	0.2002	0.00000034	0.920
<i>T. guasayana</i>	Actual	0.3240	0.00038943	0.753
	4.5	0.3319	0.0003701	0.862
	8.5	0.3361	0.00051106	0.847
<i>T. infestans</i>	Actual	0.481	0.0420813	0.701
	4.5	0.504	0.0465970	0.745
	8.5	0.520	0.0960123	0.783
<i>T. patagonica</i>	Actual	0.379	0.0001365	0.672
	4.5	0.383	0.0001365	0.696
	8.5	0.388	0.0001388	0.699
<i>T. sordida</i>	Actual	0.242	0.0001605	0.769
	4.5	0.255	0.0002908	0.796
	8.5	0.257	0.0002918	0.797

Tabla 4-7 Estadísticas básicas de la adecuabilidad climática para las “especies silvestres”, predicha para las condiciones actuales y para los modelos 4.5 y 8.5.

Especie	Modelos	Media	Mínima	Máxima
<i>P. geniculatus</i>	Actual	0.099	0.00004	0.522
	4.5	0.097	0.00004	0.531
	8.5	0.096	0.00003	0.534
<i>P. guentheri</i>	Actual	0.283	0.00001	0.731
	4.5	0.311	0.00001	0.769
	8.5	0.314	0.00001	0.766
<i>Ps. coreodes</i>	Actual	0.268	0.00090	0.818
	4.5	0.305	0.00095	0.896
	8.5	0.329	0.00013	0.867
<i>T. breyeri</i>	Actual	0.014	0.00000	0.660
	4.5	0.012	0.00000	0.665
	8.5	0.004	0.00000	0.479
<i>T. delpontei</i>	Actual	0.243	0.00007	0.841
	4.5	0.307	0.00008	0.918
	8.5	0.249	0.00009	0.843
<i>T. eratyrusiformis</i>	Actual	0.194	0.00001	0.770
	4.5	0.198	0.00001	0.774
	8.5	0.151	0.00007	0.711
<i>T. limai</i>	Actual	0.032	0.00000	0.805
	4.5	0.018	0.00000	0.770
	8.5	0.016	0.00000	0.795
<i>T. platensis</i>	Actual	0.346	0.00006	0.689
	4.5	0.384	0.00005	0.755
	8.5	0.373	0.00005	0.734
<i>T. rubrovaria</i>	Actual	0.037	0.00001	0.701
	4.5	0.027	0.00001	0.674
	8.5	0.030	0.00001	0.684

4.3.5 Cambios en la adecuabilidad climática

Los modelos 4.5 y 8.5 de las “especies domesticas” incrementan, en promedio, la adecuabilidad climática total en un 1.54 % y 3.83 % con respecto al

modelo actual, respectivamente, correspondiendo la mayor contribución a la transición desde una adecuabilidad media a una adecuabilidad alta en el futuro (Tabla 4-8).

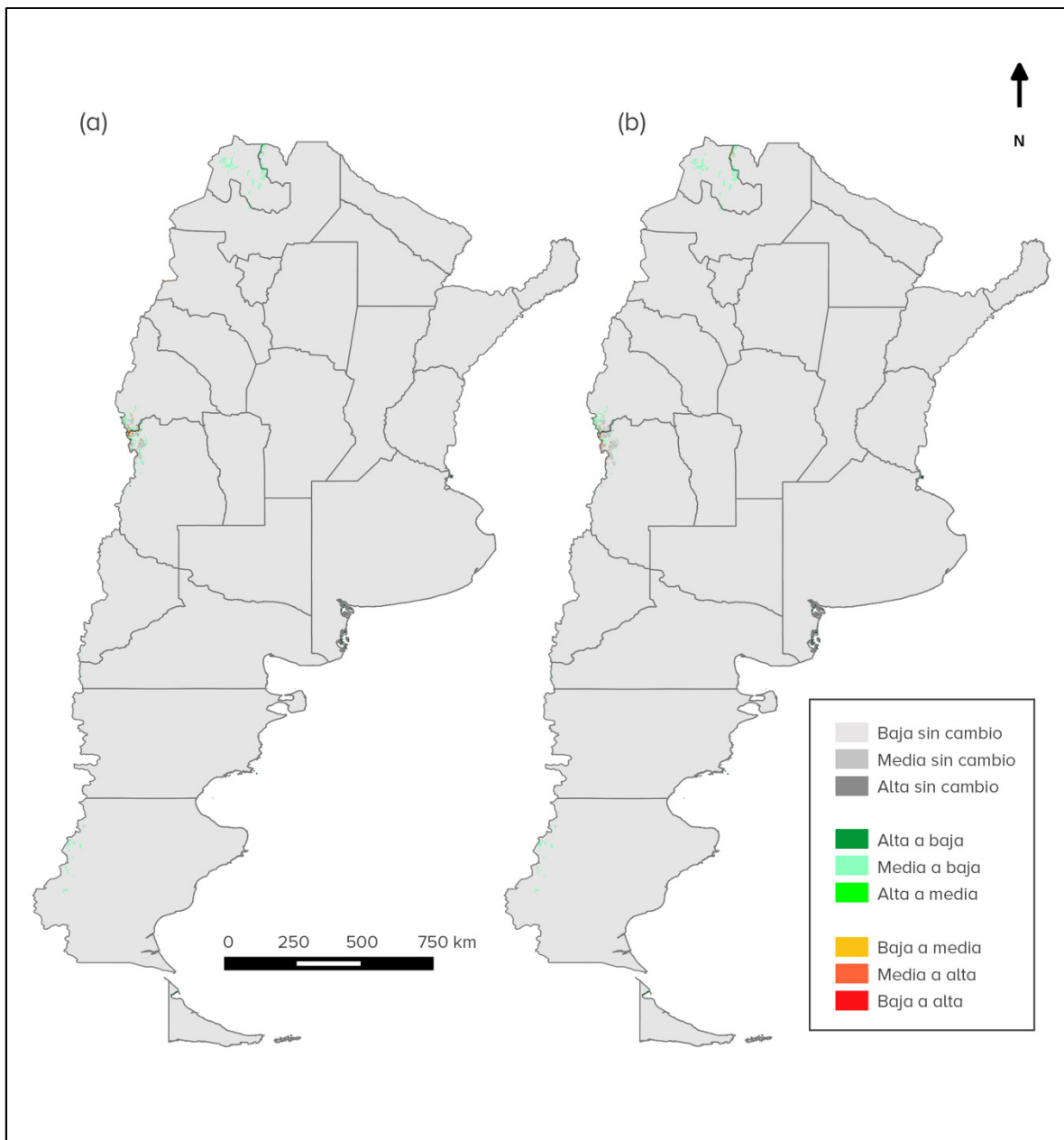
Tabla 4-8 Cambios de la adecuabilidad climática desde las condiciones actuales al 2050 para los modelos 4.5 y 8.5, para las "especies domesticas - peridomésticas" de Argentina.

Especie	Cambios de la adecuabilidad actual al 2050	Modelo 4.5		Modelo 8.5	
		Área (km ²)	Frecuencia (%)	Área (km ²)	Frecuencia (%)
<i>P. megistus</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	261061	9.39	193368	6.96
	Baja, sin cambios	2416170	86.91	2485442	89.40
	Alta a Media	0	0.00	764	0.03
	Media, sin cambios	92494	3.33	89468	3.22
	Baja a Media	10275	0.37	10541	0.38
	Alta, sin cambios	0	0.00	0	0.00
	Media a Alta	0	0.00	0	0.00
	Baja a Alta	0	0.00	417	0.01
<i>P. rufotuberculatus</i>	Alta a Baja	0	0.00	35	0.00
	Media a Baja	5342	0.19	6175	0.22
	Baja, sin cambios	2769072	99.61	2769107	99.61
	Alta a Media	104	0.00	69	0.00
	Media, sin cambios	5100	0.18	4059	0.15
	Baja a Media	121	0.00	156	0.01
	Alta, sin cambios	0	0.00	0	0.00
	Media a Alta	260	0.01	399	0.01
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>T. garciabesi</i>	Alta a Baja	4901	0.18	5684	0.20
	Media a Baja	104578	3.76	124777	4.49
	Baja, sin cambios	1860013	66.91	1867617	67.18
	Alta a Media	17433	0.63	22633	0.81
	Media, sin cambios	644887	23.20	610416	21.96
	Baja a Media	52385	1.88	44797	1.61
	Alta, sin cambios	53063	1.91	47161	1.70
	Media a Alta	41018	1.48	54810	1.97
	Baja a Alta	1721	0.06	2104	0.08
<i>T. guasayana</i>	Alta a Baja	348	0.01	0	0.00
	Media a Baja	61106	2.20	59187	2.13
	Baja, sin cambios	1305788	46.97	1322938	47.59
	Alta a Media	67074	2.41	46679	1.68
	Media, sin cambios	1008820	36.29	901740	32.44
	Baja a Media	126944	4.57	163064	5.87
	Alta, sin cambios	68344	2.46	54058	1.94
	Media a Alta	141559	5.09	231863	8.34
	Baja a Alta	17	0.00	471	0.02
<i>T. infestans</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	28000	1.01	60371	2.17
	Baja, sin cambios	393995	14.17	400137	14.39
	Alta a Media	0	0.00	0	0.00
	Media, sin cambios	2019783	72.65	1730193	62.24

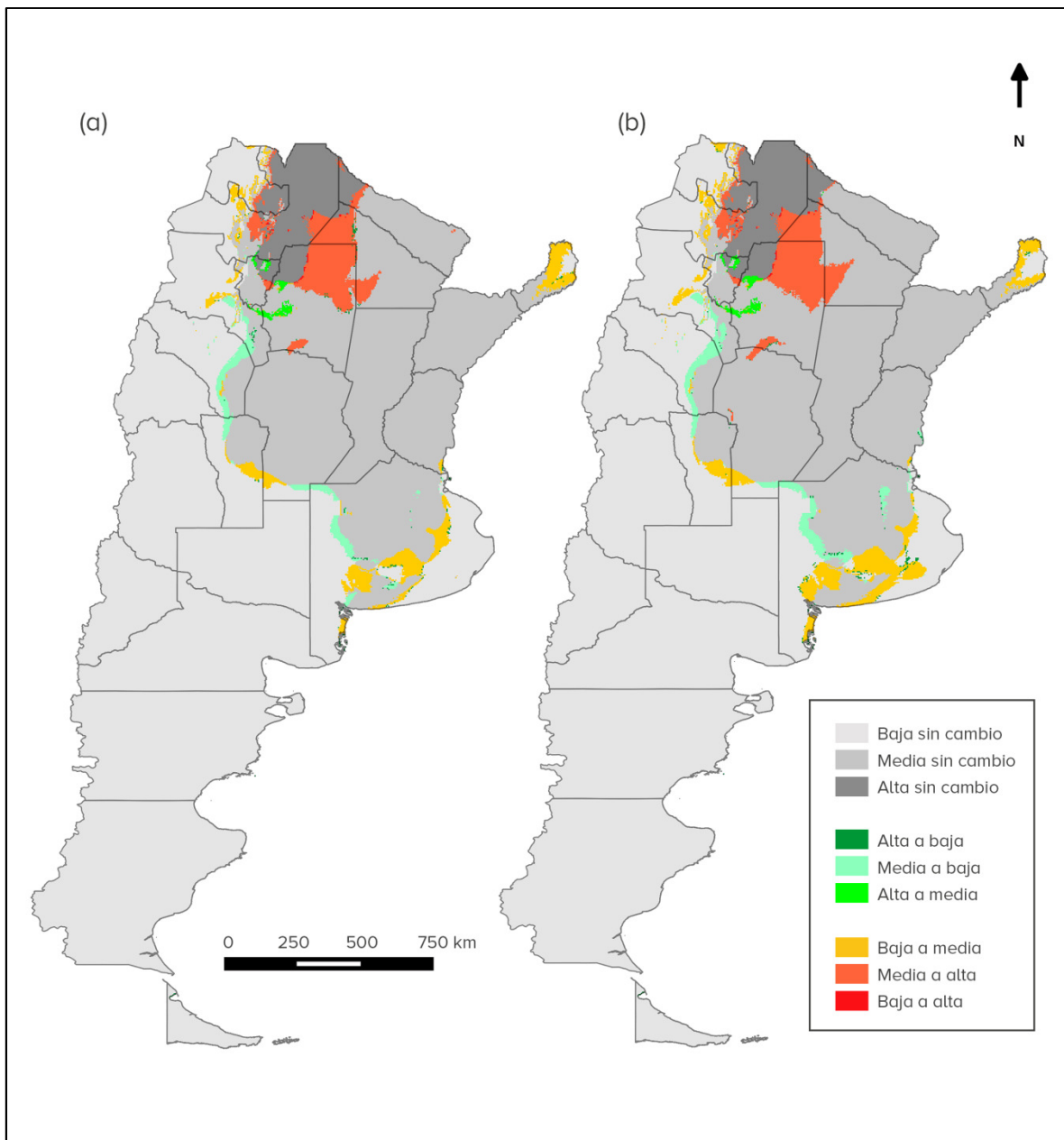
	Baja a Media	93668	3.37	77742	2.80
	Alta, sin cambios	12383	0.45	41816	1.50
	Media a Alta	231736	8.34	469742	16.90
	Baja a Alta	435	0.02	0	0.00
<i>T. patagonica</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	93746	3.37	94415	3.40
	Baja, sin cambios	873241	31.41	846660	30.46
	Alta a Media	2817	0.10	2748	0.10
	Media, sin cambios	1665761	59.92	1619846	58.27
	Baja a Media	87330	3.14	113636	4.09
	Alta, sin cambios	243	0.01	504	0.02
	Media a Alta	56863	2.05	102190	3.68
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>T. sordida</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	26168	0.94	33487	1.20
	Baja, sin cambios	1660113	59.72	1645015	59.17
	Alta a Media	5494	0.20	6242	0.22
	Media, sin cambios	844158	30.37	834313	30.01
	Baja a Media	59465	2.14	73668	2.65
	Alta, sin cambios	110149	3.96	109468	3.94
	Media a Alta	74452	2.68	77807	2.80
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00

El 70% (5 de 7) de las “especies domesticas-peridomésticas” conservarían más del 90% de su adecuabilidad climática sin cambios, con valores similares en las distintas categorías entre los modelos futuros 4.5 y 8.5; para una mejor compresión solo se utilizarán los valores del modelo 4.5 para la comparación entre las especies (Tabla 4-8). *Panstrongylus rufotuberculatus* es el caso extremo de estas cinco especies, quien conservaría un 99.80% de su adecuabilidad media sin cambios (Mapa 1). *Triatoma sordida* presentó una adecuabilidad sin cambios en un 94%, manteniendo adecuabilidades altas en las provincias de Salta, Jujuy y Santiago del Estero, y adecuabilidades medias en el resto de su distribución. Los principales cambios desde una adecuabilidad baja a alta se concentran en las provincias de Chaco y Santiago del Estero (Mapa 1 Mapa 2). Si bien *T. patagonica* y *T. garciabesi* tuvieron valores similares de adecuabilidad sin cambios alrededor del 92%, en *T. patagonica* el mayor porcentaje de contribución está dado por una adecuabilidad media del 60%, a diferencia de *T. garciabesi* que presento un 67% de una adecuabilidad baja (Mapa 3 y Mapa 4). Para ambas especies se observa una disminución de la adecuabilidad en el norte de su distribución (media a baja) y un incremento en su distribución más austral (baja a media). Por último, *P.*

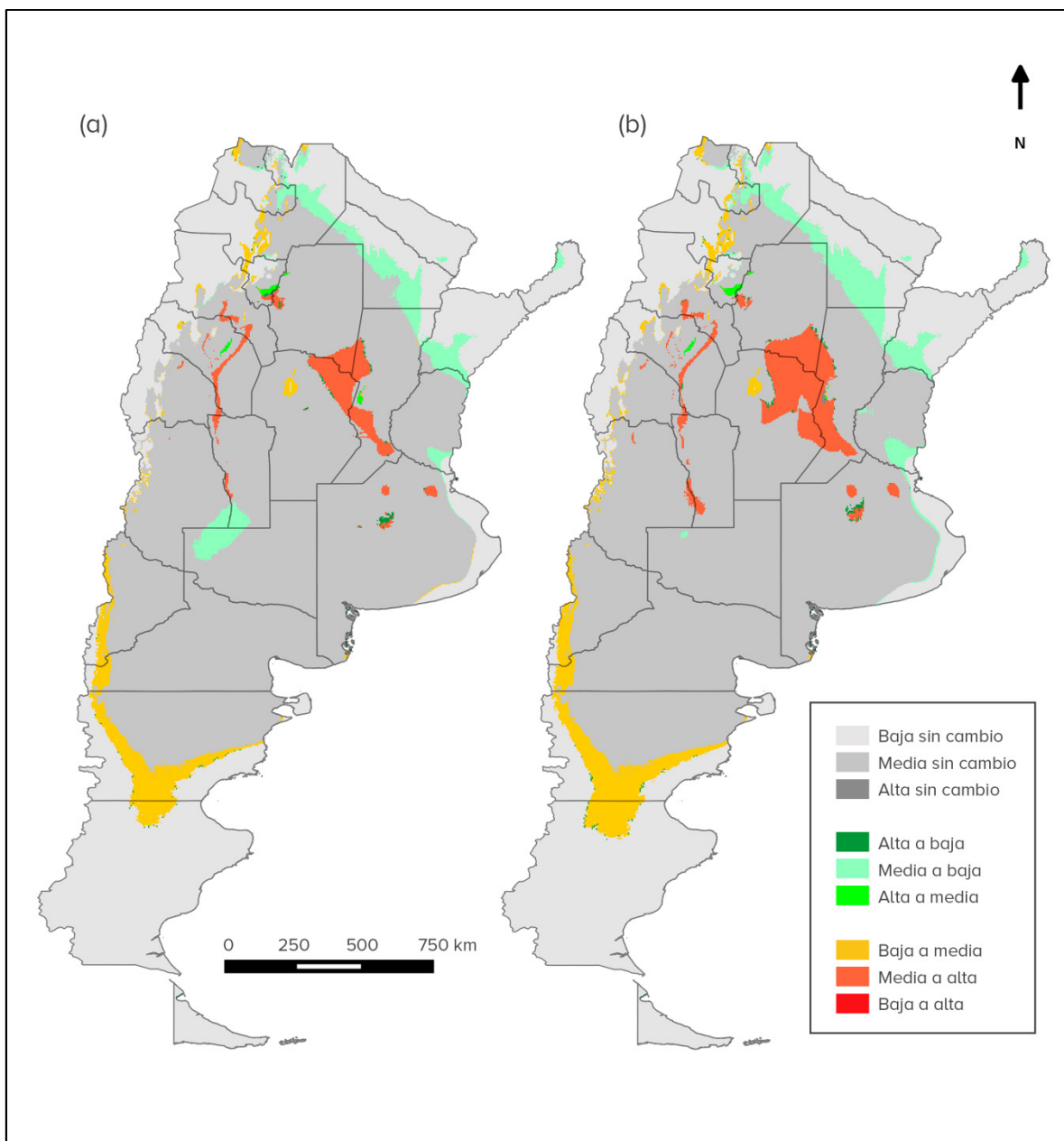
megistus conservaría un 90% de su adecuabilidad climática sin cambio, con un 87% mayormente representado en un valor bajo y el 10% restante pasaría de una adecuabilidad media a baja en las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa, Santa Fe y Salta (Mapa 5).



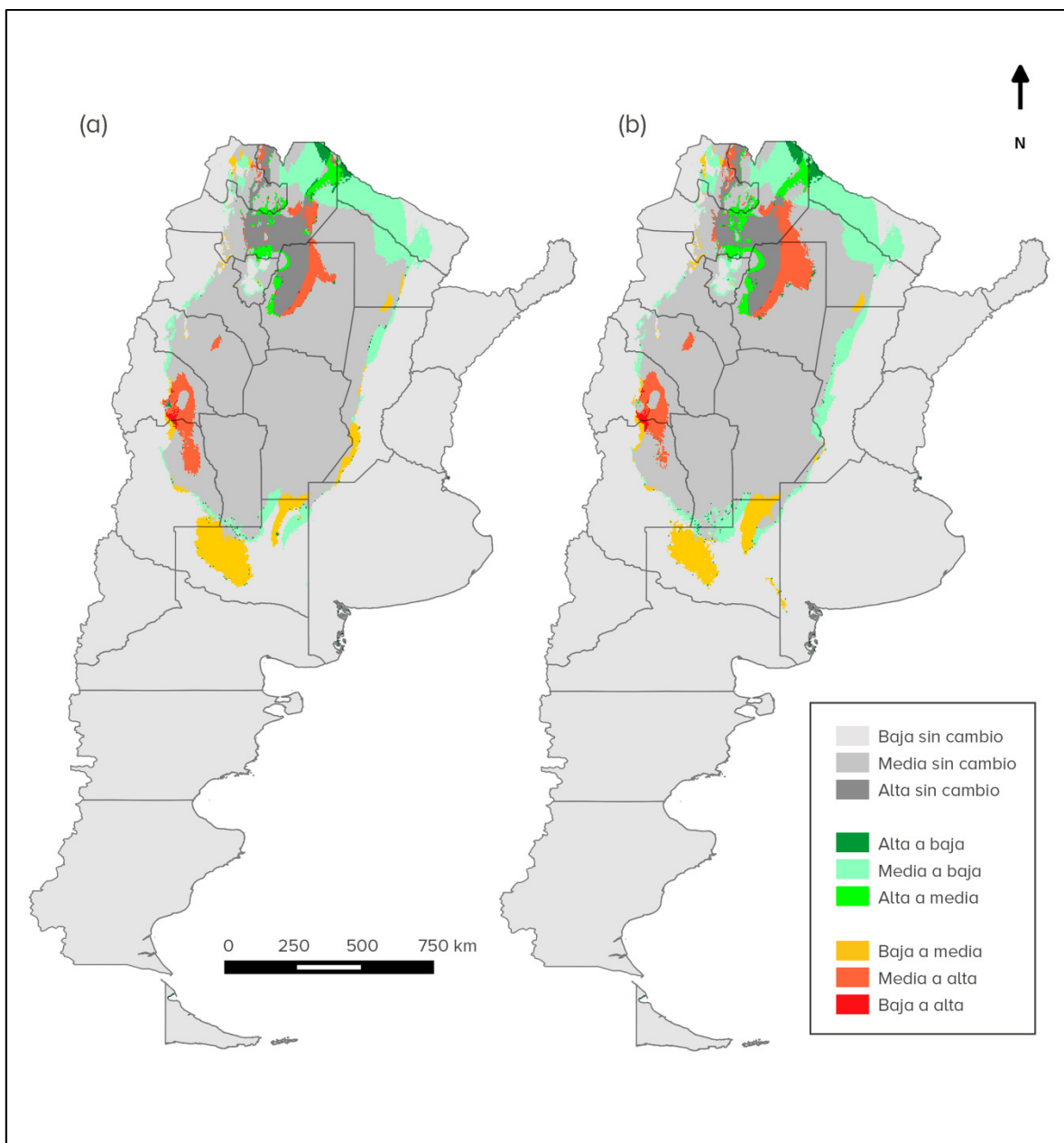
Mapa 1 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. rufotuberculatus*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



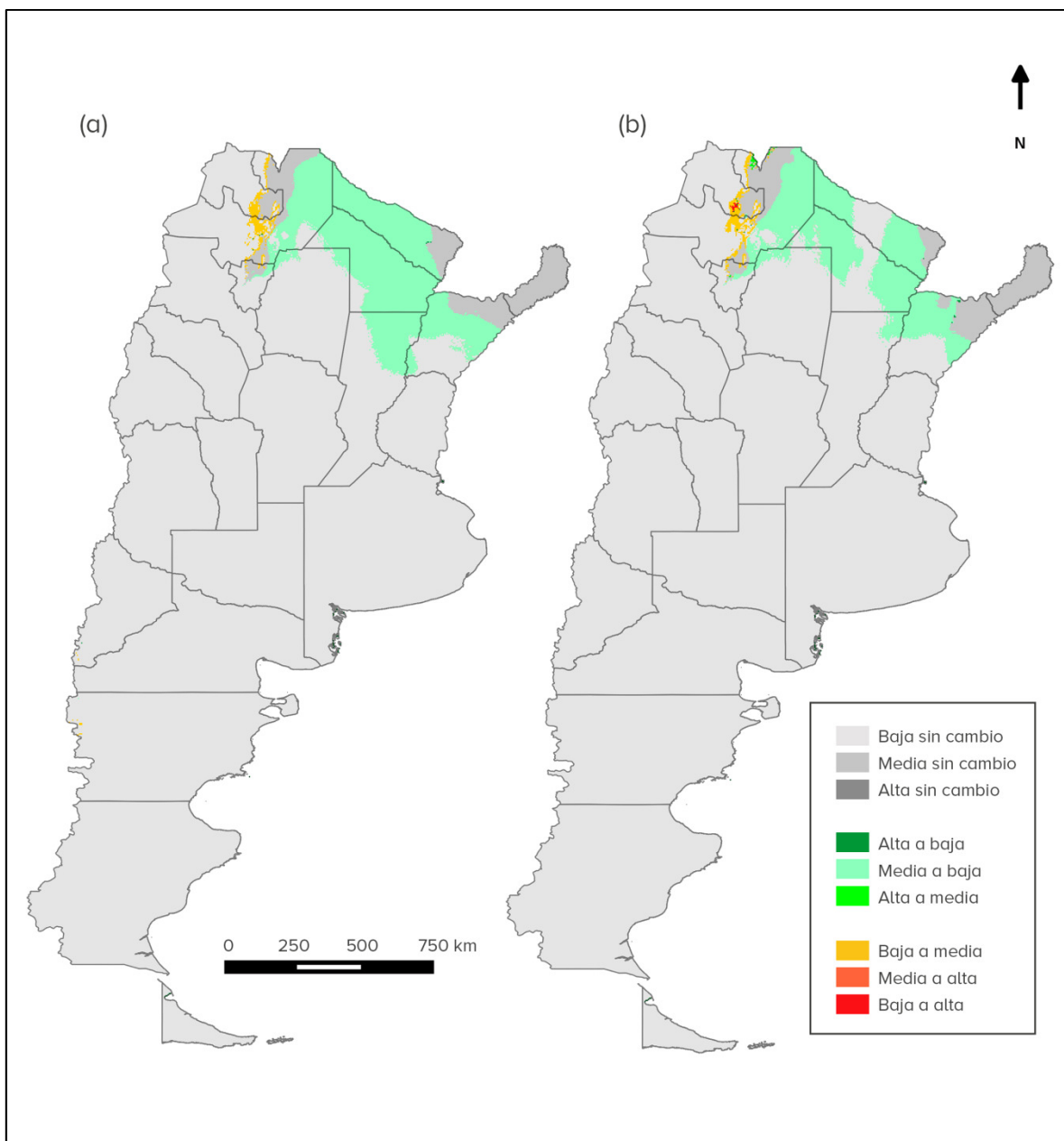
Mapa 2 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. sordida*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 3 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. patagonica*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 4 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. garciabesi*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

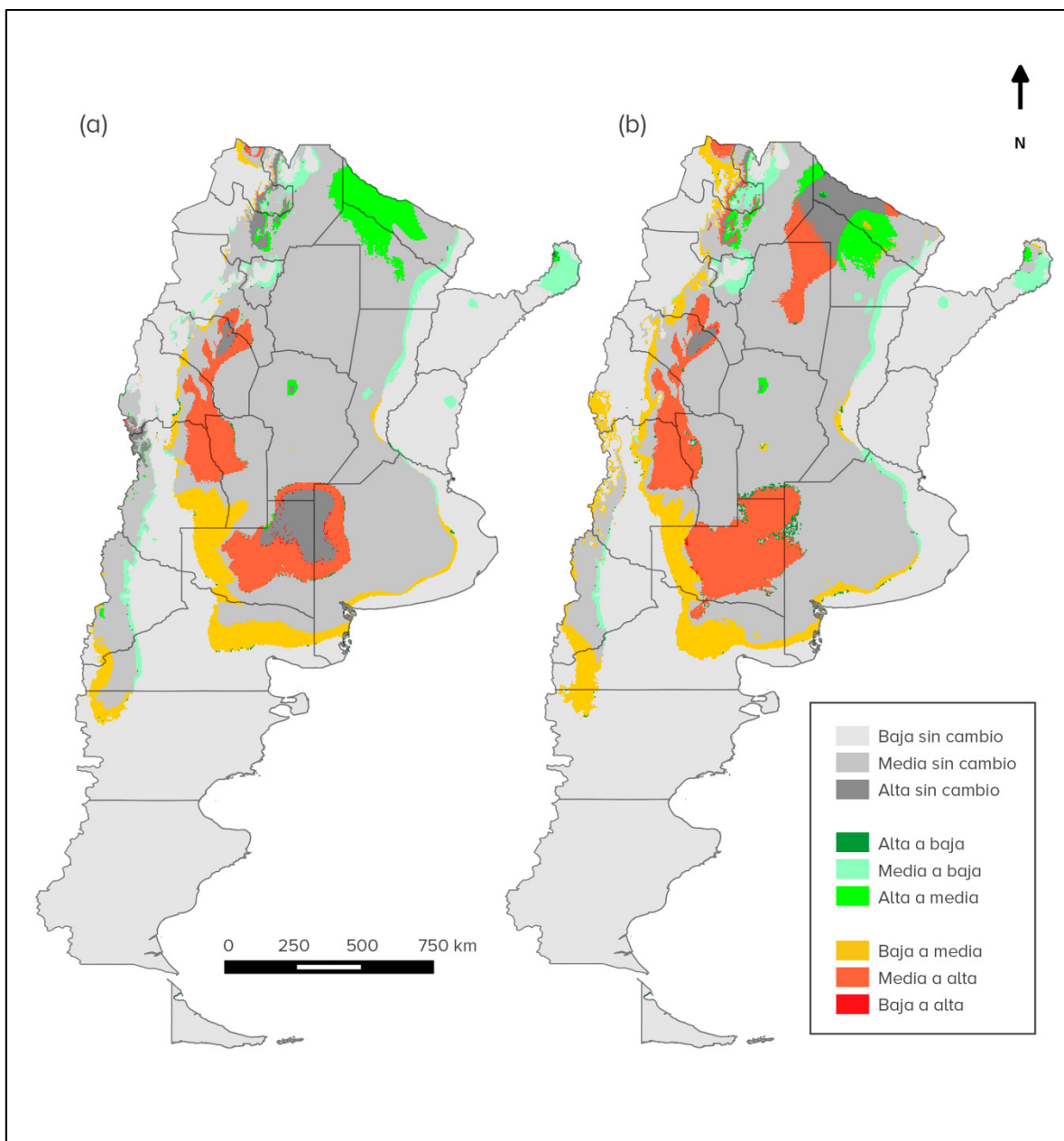


Mapa 5 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. megistus*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

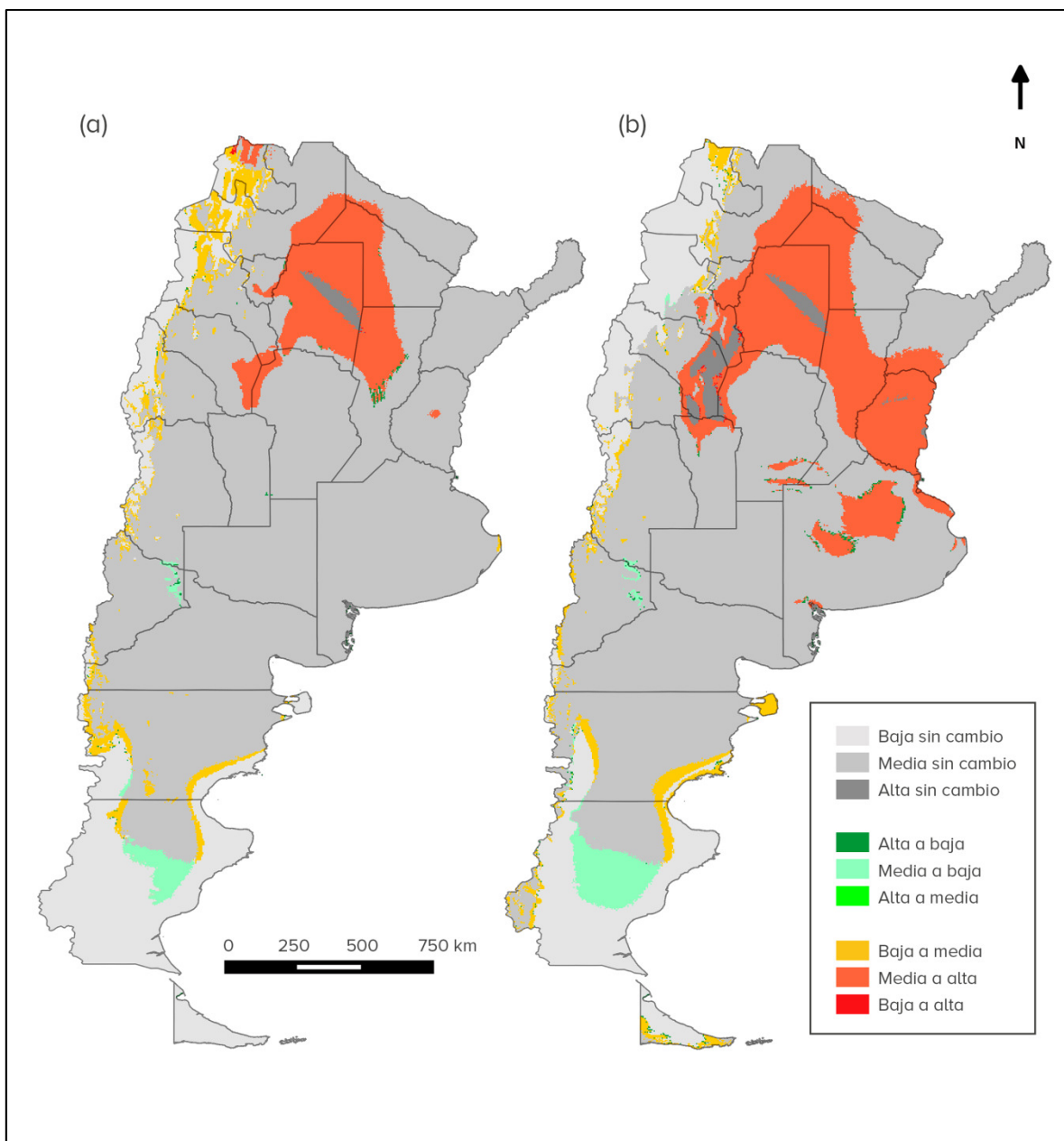
Triatoma guasayana y *T. infestans* fueron las especies con mayor cantidad de cambios en la adecuabilidad climática, y cada una de ellas presentaron diferencias en las categorías entre ambos modelos (Tabla 4-8).

De acuerdo a los resultados obtenidos para *T. guasayana*, su adecuabilidad climática total se incrementaría en un 5% y un 10 % para los modelos 4.5 y 8.5, respectivamente, aunque los incrementos en las región central y oeste de la Argentina, y la disminución en la adecuabilidad en las regiones norte y este de nuestro país concuerdan en ambos modelos (Mapa 6).

Triatoma infestans sería la especie que podría incrementar en mayor media su adecuabilidad climática en el futuro, con un aumento total entre el 11 y el 19%. En el modelo 4.5 se observan transiciones de baja a alta adecuabilidad en las provincias de Santiago del Estero, sureste de Salta, oeste de Chaco, noroeste de Santa Fe y la zona limítrofe entre Córdoba y La Rioja, y transiciones de baja a media adecuabilidad en los márgenes oeste cercanos a la cordillera de los Andes. El modelo 8.5 sigue este mismo patrón, pero las transiciones de baja a alta adecuabilidad se extienden hasta el sur de Corrientes, Entre Ríos y centro de Buenos Aires. En ambos modelos solo se observa una reducción en la adecuabilidad de media a baja en la provincia de Santa Cruz (Mapa 7).



Mapa 6 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. guasayana*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 7 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. infestans*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

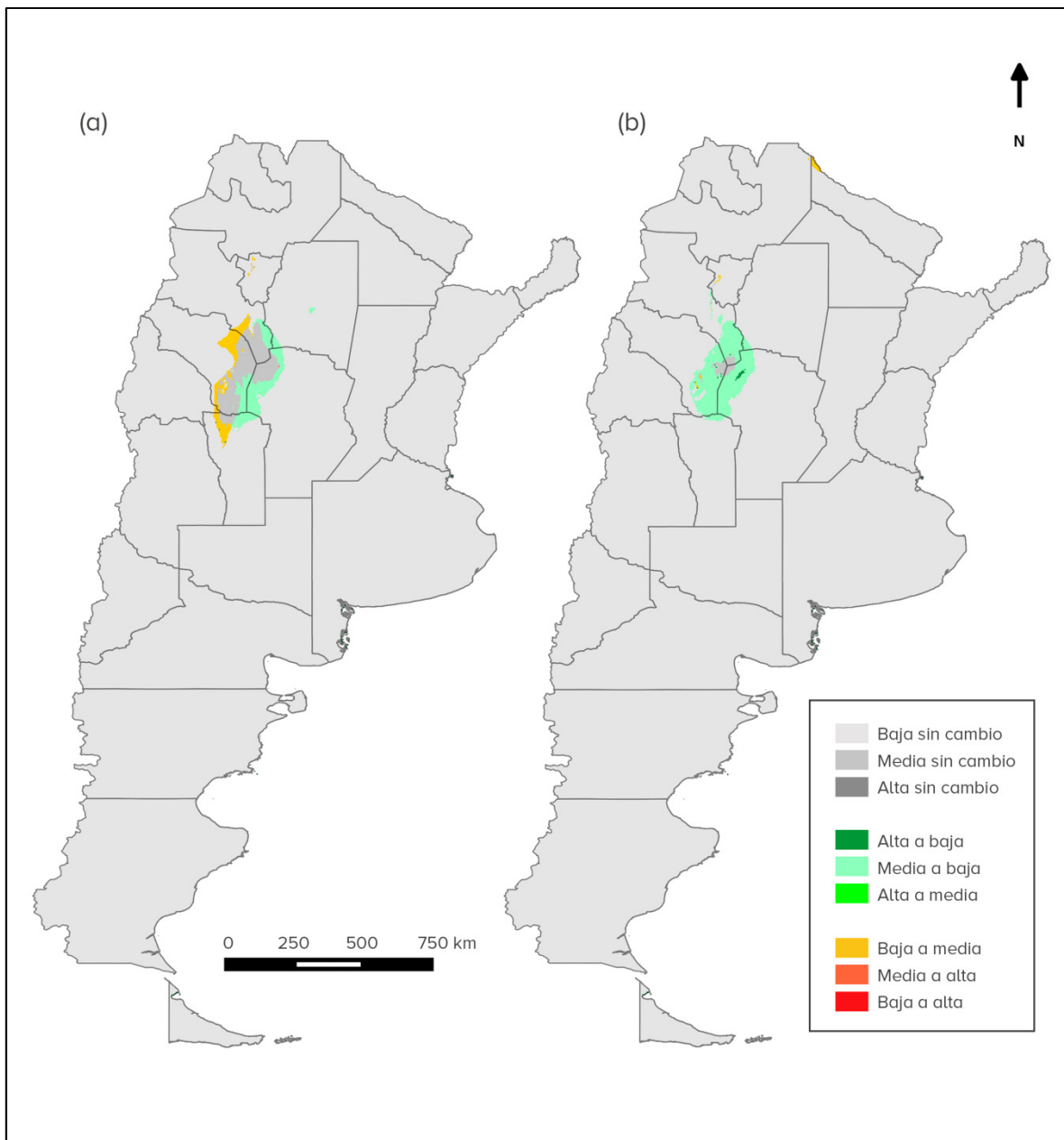
En las “especies silvestres” se observa que en promedio entre todas la especies, la adecuabilidad climática total se verá incrementada en los modelos futuros (Tabla 4-9).

Tabla 4-9 Cambios de la adecuabilidad climática desde las condiciones actuales al 2050 para los modelos 4.5 y 8.5, para las "especies silvestres" de Argentina.

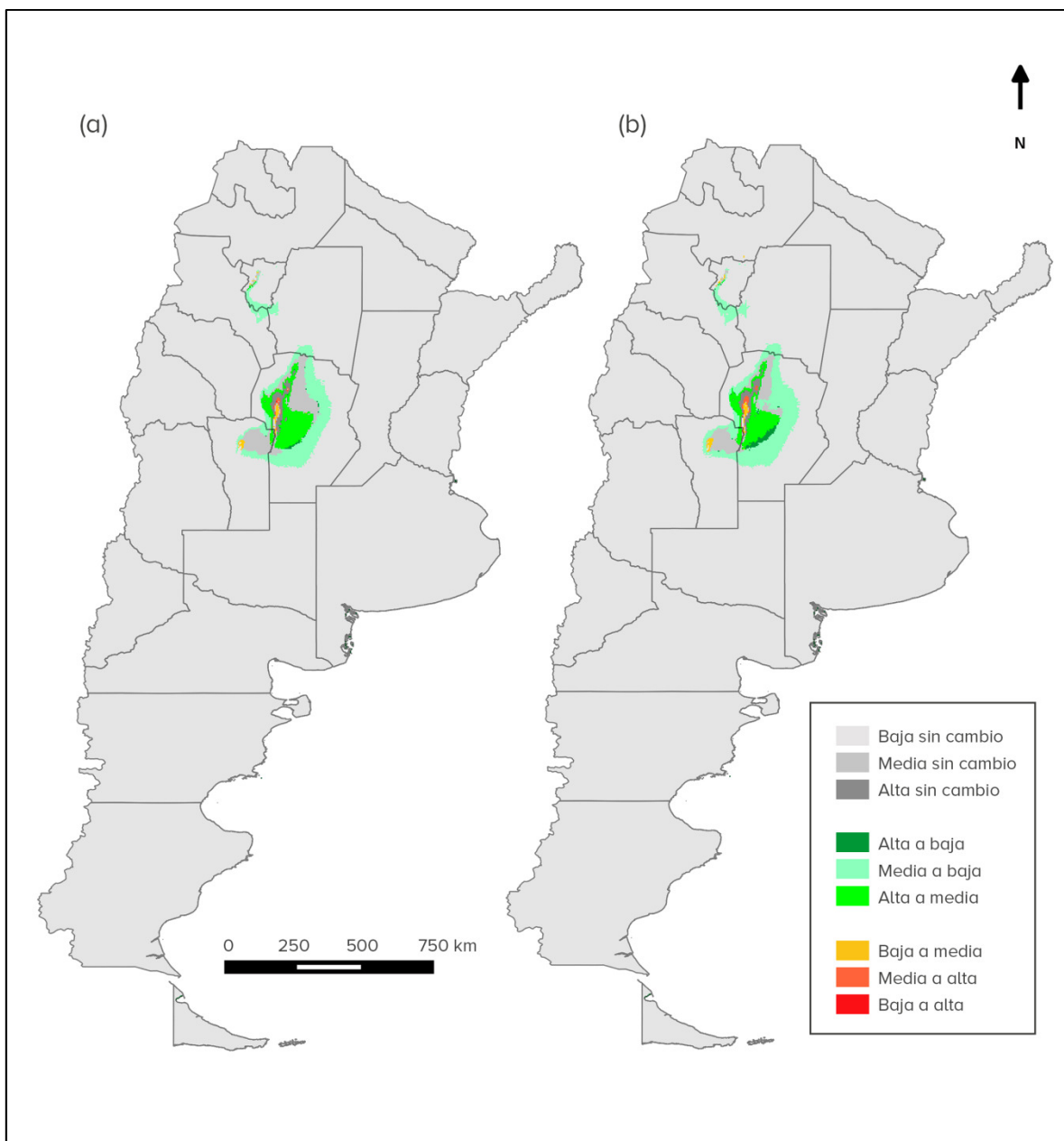
Especie	Transición de la adecuabilidad actual al 2050	Modelo 4.5		Modelo 8.5	
		Área (km ²)	Frecuencia (%)	Área (km ²)	Frecuencia (%)
<i>P. geniculatus</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	129842	4.67	139768	5.03
	Baja, sin cambios	2229686	80.20	2230303	80.23
	Alta a Media	0	0.00	0	0.00
	Media, sin cambios	305123	10.98	299576	10.78
	Baja a Media	115350	4.15	110353	3.97
	Alta, sin cambios	0	0.00	0	0.00
	Media a Alta	0	0.00	0	0.00
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>P. guentheri</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	121691	4.38	119946	4.31
	Baja, sin cambios	1353806	48.70	1340224	48.21
	Alta a Media	2157	0.08	8265	0.30
	Media, sin cambios	763792	27.47	780479	28.07
	Baja a Media	193505	6.96	207527	7.46
	Alta, sin cambios	44135	1.59	38039	1.37
	Media a Alta	298304	10.73	283170	10.19
	Baja a Alta	2610	0.09	2349	0.08
<i>Ps. coreodes</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	101948	3.67	53715	1.93
	Baja, sin cambios	1503367	54.08	1369839	49.27
	Alta a Media	40957	1.47	15449	0.56
	Media, sin cambios	519740	18.70	565053	20.33
	Baja a Media	255672	9.20	367576	13.22
	Alta, sin cambios	237780	8.55	254781	9.16
	Media a Alta	116164	4.18	146863	5.28
	Baja a Alta	4373	0.16	6723	0.24
<i>T. breyeri</i>	Alta a Baja	0	0.00	382	0.01
	Media a Baja	22882	0.82	45641	1.64
	Baja, sin cambios	2710540	97.50	2728478	98.15
	Alta a Media	0	0.00	0	0.00
	Media, sin cambios	33724	1.21	4198	0.15
	Baja a Media	12837	0.46	1301	0.05
	Alta, sin cambios	0	0.00	0	0.00
	Media a Alta	17	0.00	0	0.00
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>T. delpontei</i>	Alta a Baja	835	0.03	3604	0.13
	Media a Baja	19218	0.69	139526	5.02
	Baja, sin cambios	1544721	55.57	1810144	65.11
	Alta a Media	2157	0.08	21661	0.78
	Media, sin cambios	477493	17.18	376736	13.55

	Baja a Media	307772	11.07	138742	4.99
	Alta, sin cambios	249772	8.98	196552	7.07
	Media a Alta	177529	6.39	92495	3.33
	Baja a Alta	504	0.02	540	0.02
<i>T. eratyrusiformis</i>	Alta a Baja	3615	0.13	13324	0.48
	Media a Baja	77460	2.79	186915	6.72
	Baja, sin cambios	1899789	68.34	2038532	73.33
	Alta a Media	46385	1.67	53243	1.92
	Media, sin cambios	600683	21.61	425698	15.31
	Baja a Media	120752	4.34	55243	1.99
	Alta, sin cambios	22975	0.83	1740	0.06
	Media a Alta	8342	0.30	5062	0.18
	Baja a Alta	0	0.00	243	0.01
<i>T. limai</i>	Alta a Baja	416	0.01	2308	0.08
	Media a Baja	41133	1.48	50209	1.81
	Baja, sin cambios	2687237	96.66	2686382	96.63
	Alta a Media	20020	0.72	16968	0.61
	Media, sin cambios	24861	0.89	17332	0.62
	Baja a Media	1267	0.05	1701	0.06
	Alta, sin cambios	4372	0.16	4129	0.15
	Media a Alta	694	0.02	971	0.03
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>T. platensis</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	188399	6.78	200798	7.22
	Baja, sin cambios	1046204	37.63	1034090	37.20
	Alta a Media	0	0.00	17473	0.63
	Media, sin cambios	1075795	38.70	1178320	42.39
	Baja a Media	128011	4.60	159645	5.74
	Alta, sin cambios	18013	0.65	14125	0.51
	Media a Alta	323578	11.64	175548	6.31
	Baja a Alta	0	0.00	0	0.00
<i>T. rubrovaria</i>	Alta a Baja	0	0.00	0	0.00
	Media a Baja	88471	3.18	87821	3.16
	Baja, sin cambios	2590582	93.19	2568013	92.37
	Alta a Media	173	0.01	260	0.01
	Media, sin cambios	65499	2.36	68164	2.45
	Baja a Media	35135	1.26	55343	1.99
	Alta, sin cambios	0	0.00	0	0.00
	Media a Alta	69	0.00	208	0.01
	Baja a Alta	69	0.00	191	0.01

Triatoma breyeri y *T. limai* presentaron valores cercanos el 98% de la adecuabilidad media sin cambios entre los modelos actuales y los modelos futuros 4.5 y 8.5 (Mapa 8 y Mapa 9).



Mapa 8 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. breyeri*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



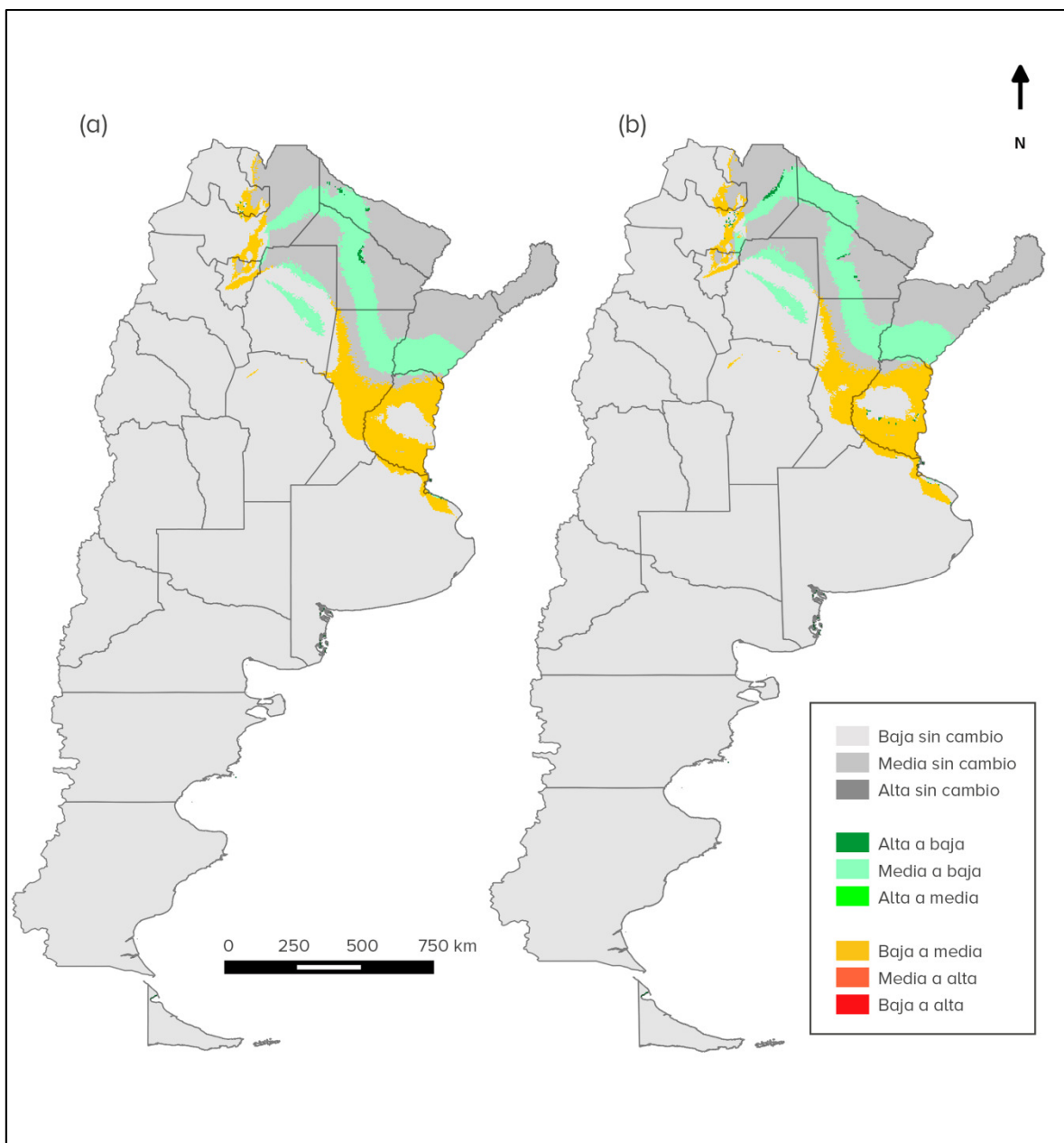
Mapa 9 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. limai*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

Panstrongylus geniculatus, *T. rubrovaria* y *T. eratyrusiformis* serían las “especies silvestres” que disminuirían su adecuabilidad climática en el futuro. Las primeras dos especies obtuvieron valores cercanos al 1%, en ambos modelos con respecto al modelo actual, la mayor contribución en esta transición fue de una adecuabilidad media a baja (Mapa 10 y Mapa 11). Por otro lado, *T. eratyrusiformis* obtuvo valores cercanos a 0 y 7% en los modelos 4.5 y 8.5, respectivamente. En el primer modelo, esta especie disminuiría su adecuabilidad climática principalmente en las provincias de La Pampa, sur de Córdoba y en la región de Cuyo, mientras que en el modelo 8.5 la adecuabilidad climática pasaría de media a baja a lo largo de toda la franja este de su distribución actual (Mapa 12).

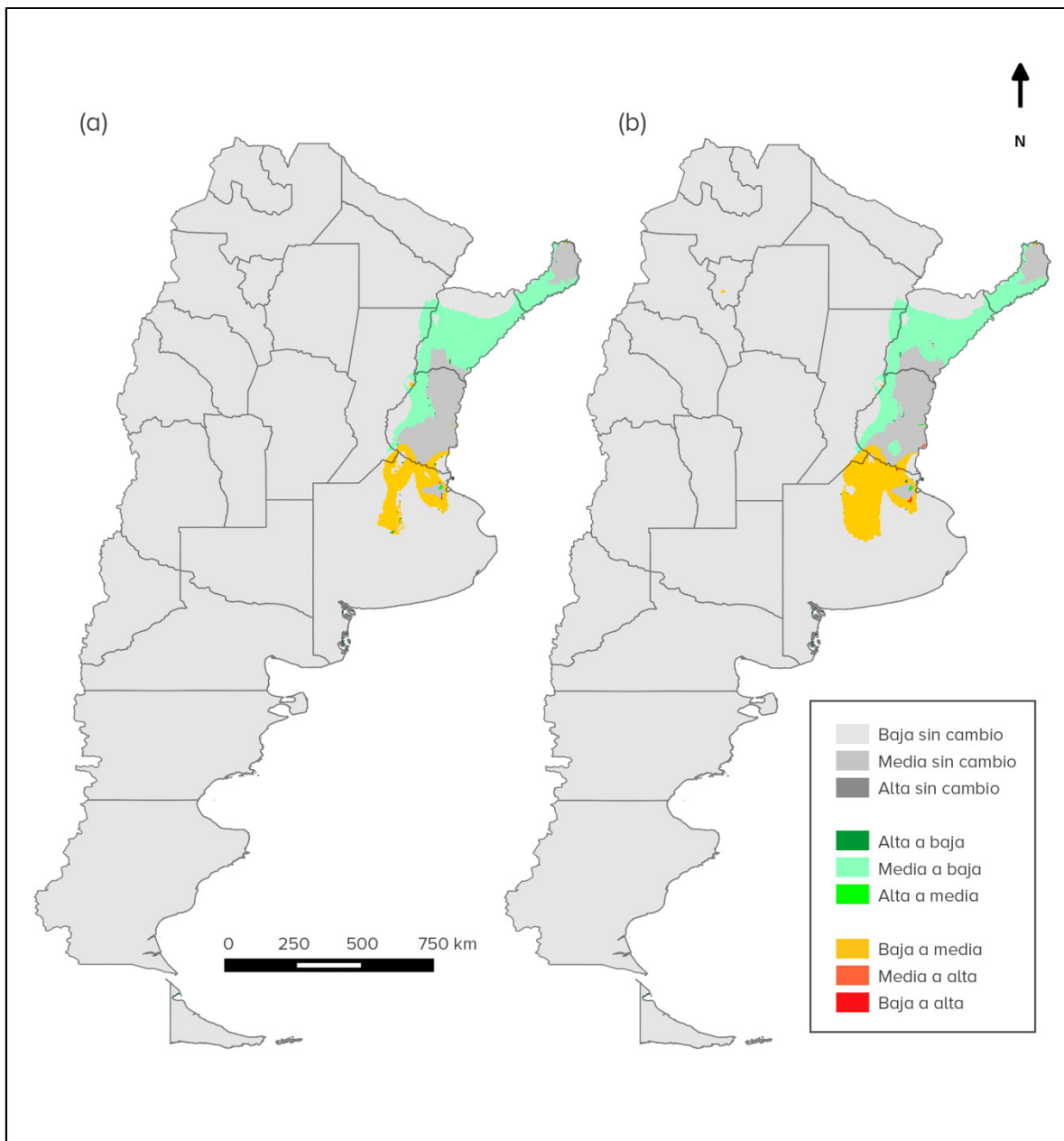
Las “especies silvestres” que incrementarían su adecuabilidad climática neta (balance neto aumento - disminución) serían *T. delpontei*, *T. guentheri*, *T. platensis* y *Ps. coreodes* (Mapa 13, Mapa 14, Mapa 15 y Mapa 16).

En el modelo 4.5, *T. delpontei* sería la especie que más incrementaría su adecuabilidad climática, seguida en orden decreciente por *P. guentheri*, *T. platensis* y *Ps. coreodes*. Estas especies pasarían de una baja a una alta adecuabilidad climática en la ecorregión Chaqueña (Chaco, Formosa, Santiago del Estero y este de Salta), y de una adecuabilidad baja a media en las ecorregiones del Monte y Pampa.

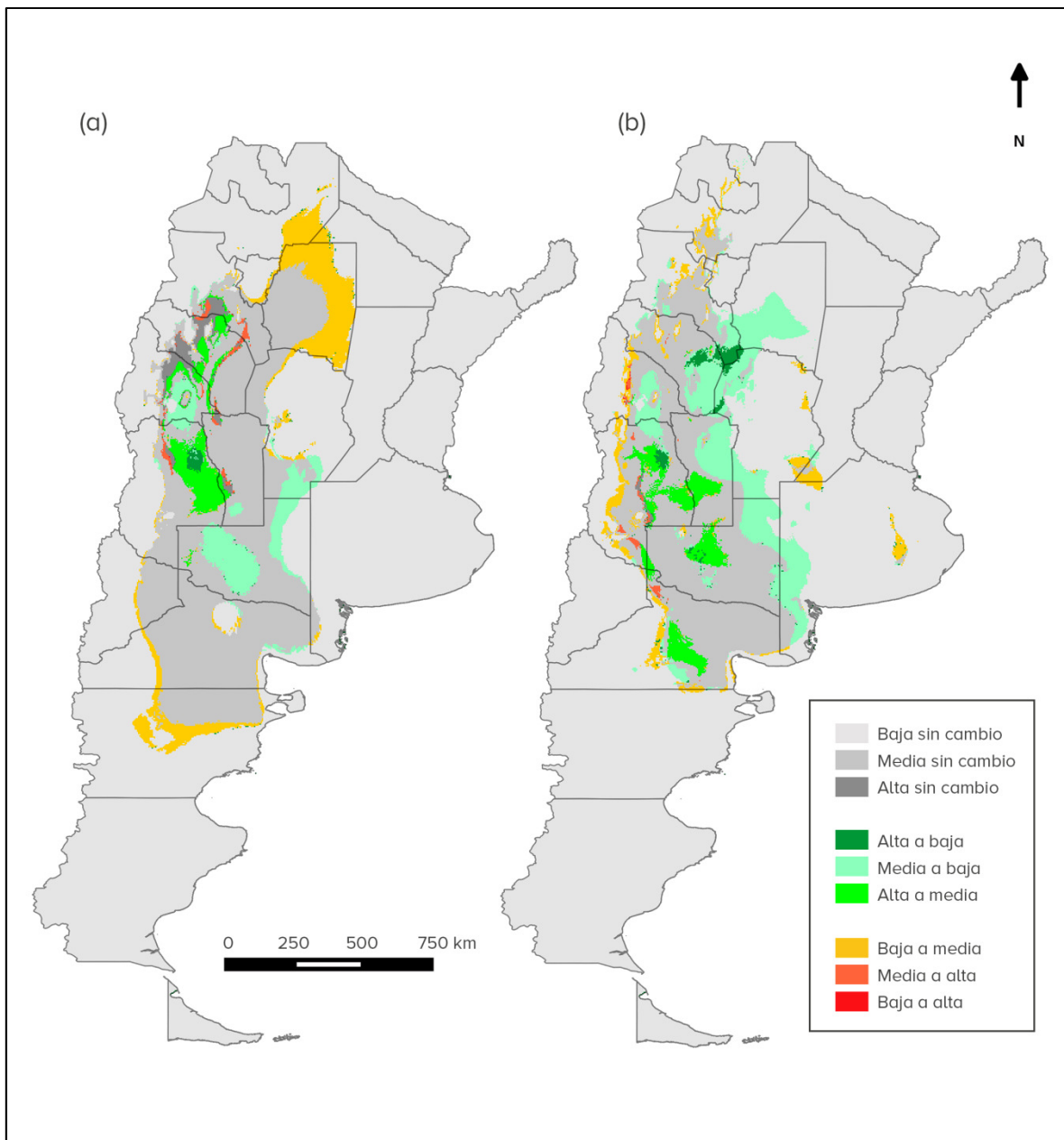
En el modelo 8.5, *P. guentheri* obtuvo valores similares al modelo anterior, mientras que *Ps. coreodes* incremento su adecuabilidad climática, duplicando sus valores. Las especies restantes (*T. delpontei* y *T. platensis*) disminuyeron sus valores de adecuabilidad climática neta en un 50% y 80% con respecto al modelo 4.5.



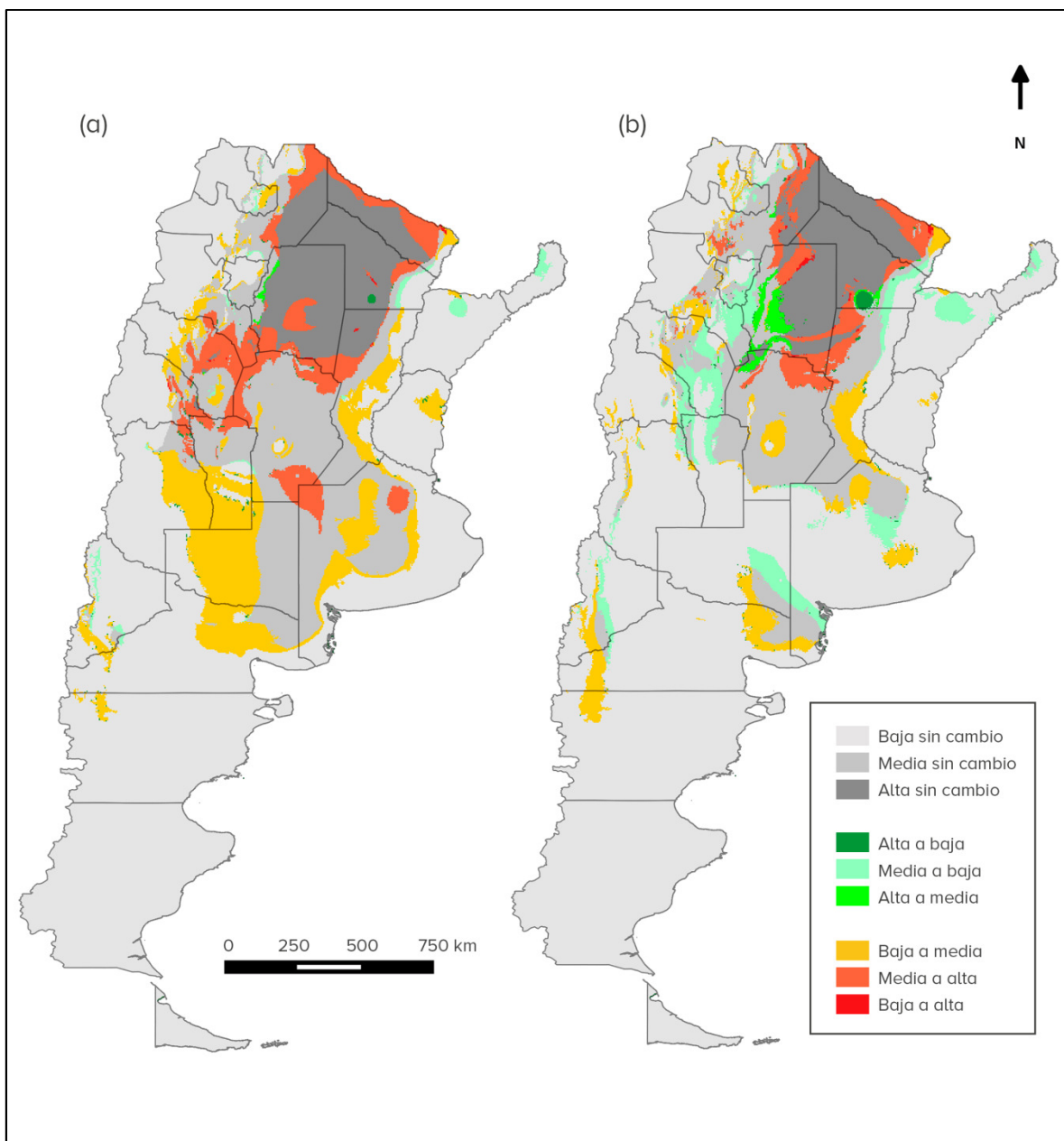
Mapa 10 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. geniculatus*. a) modelo 4.5 b) modelo 8.5.



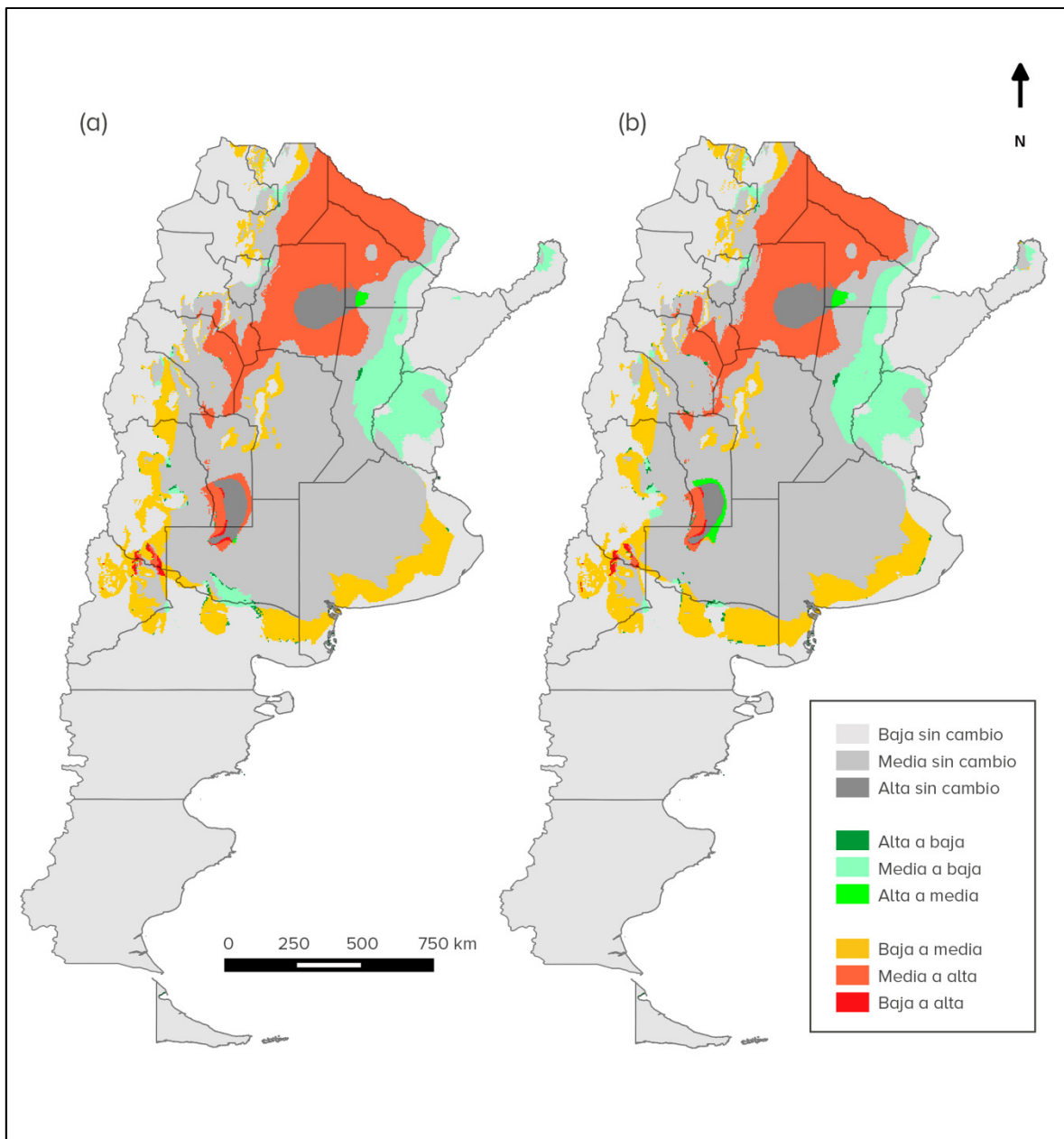
Mapa 11 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. rubrovaria*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



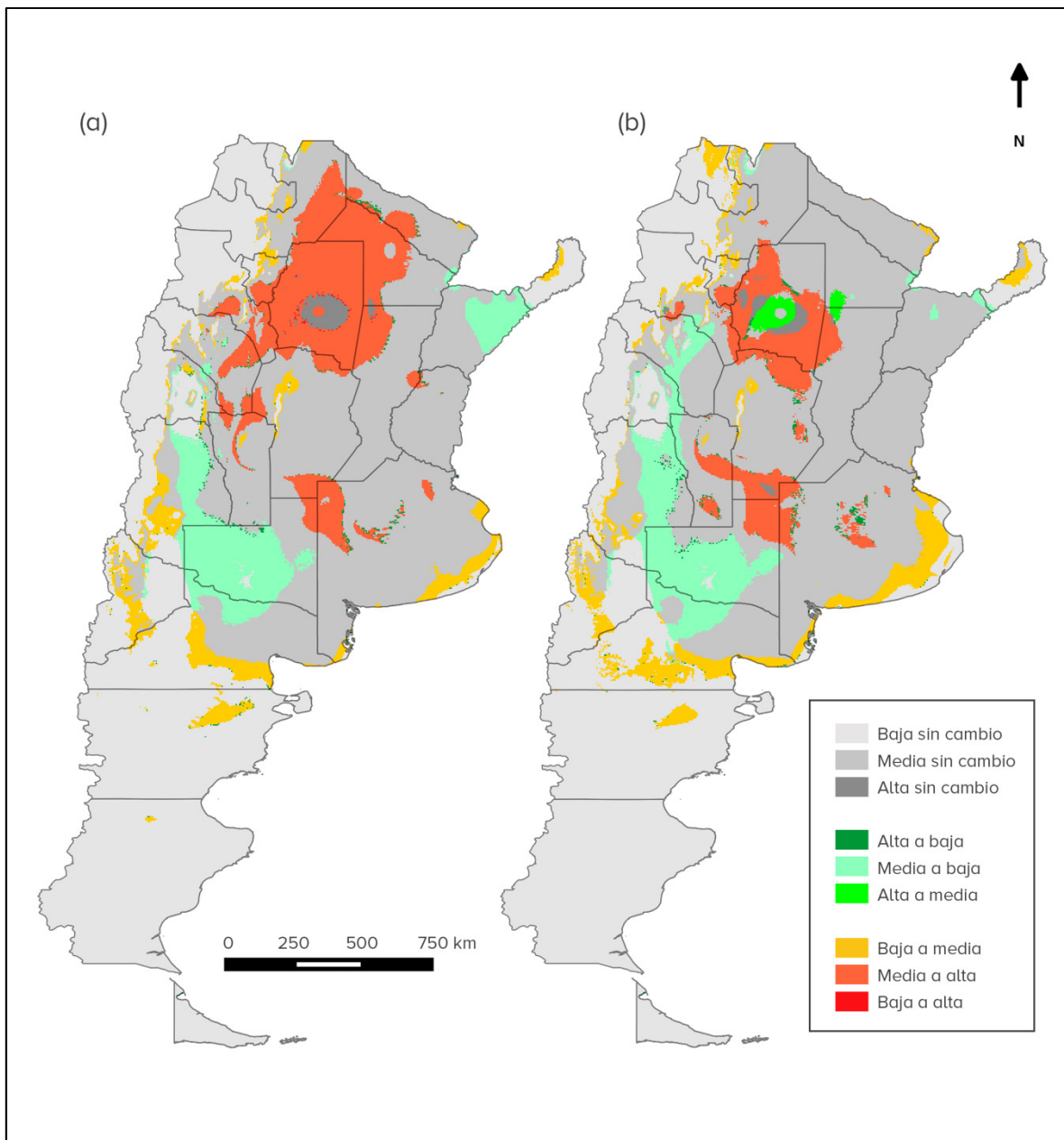
Mapa 12 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. eratyrusiformis*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



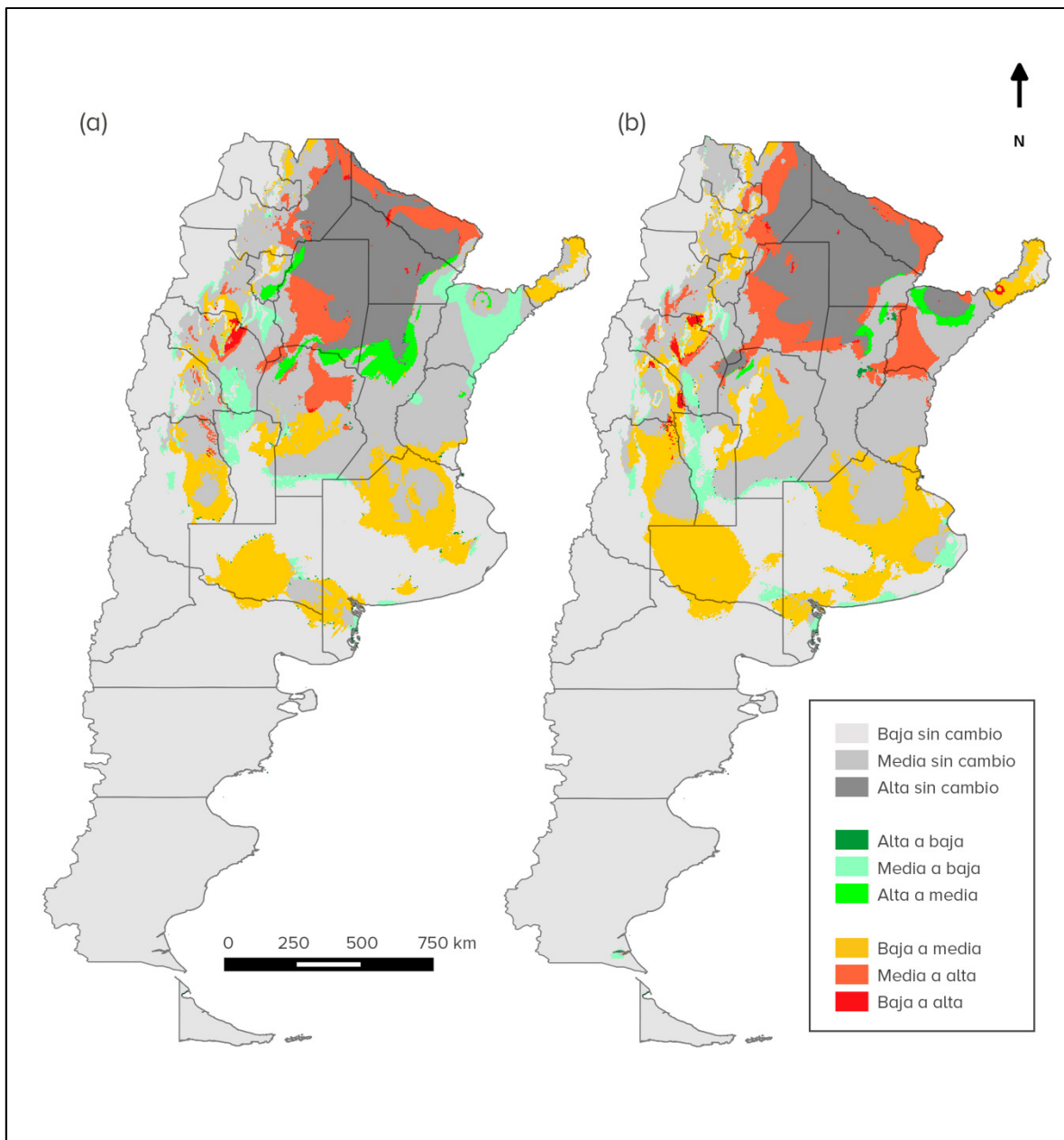
Mapa 13 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. delponteí*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 14 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. guentheri*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 15 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. platensis*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 16 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *Ps. coreodes*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

4.3.6 Cambios en la distribución geográfica

En la Tabla 4-10 se presentan los kilómetros cuadrados calculados a partir de la distribución histórica de Carcavallo et al. (1999), y los cambios en la distribución entre el modelo actual y los modelos futuros (4.5 y 8.5) de las siete “especies domesticas - peridomésticas” de triatominos en Argentina.

Las coordenadas con valores superiores del *décimo percentil de umbral de presencia* indican que *P. rufotuberculatus* y *T. infestans* son las “especies domesticas - peridomésticas” con menor y mayor distribución geográfica, respectivamente (Mapa 17 y Mapa 18). *Panstrongylus rufotuberculatus* ocupa tan solo 8.000 km² en la provincia de Jujuy y *T. infestans* abarca más de 2.000.000 de km², ocupando casi todo el territorio de la República Argentina.

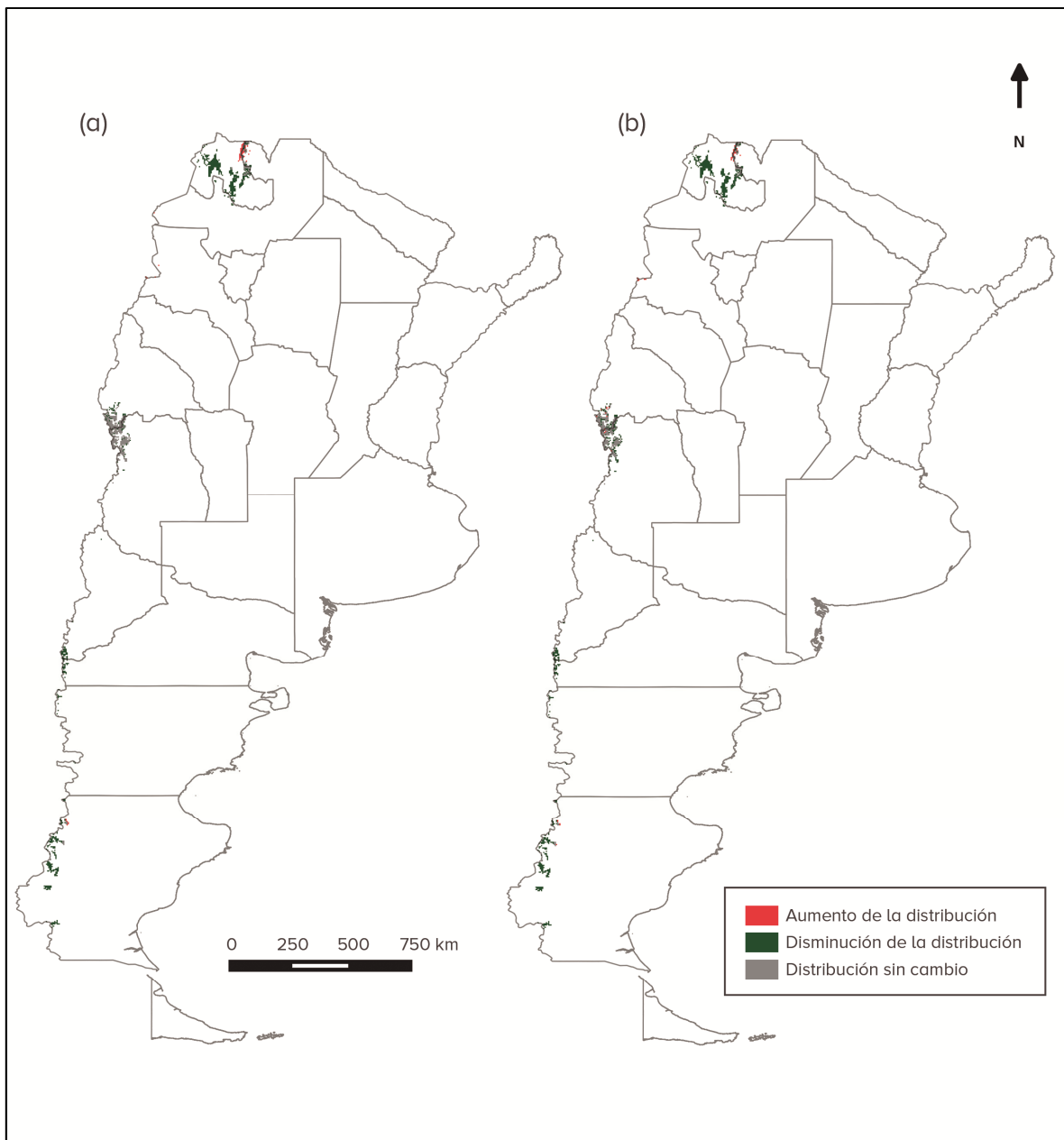
En los modelos futuros, *P. megistus* sería la especie que en el balance total (aumento-disminución) más reduciría su distribución geográfica neta, con una pérdida total de 260.000 km² (modelo 4.5) y de 175.000 km² (modelo 8.5), comprendida entre las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa y Salta, quedando limitada su distribución a las provincias de Misiones, Jujuy y Salta (Mapa 19). *Triatoma garciabesi* podría ser otra de las “especies domesticas-peridomésticas” que disminuya su distribución en el futuro, ya que se observa una pérdida notoria de territorio en las provincias de Chaco, Formosa y Salta (Mapa 20).

Triatoma sordida, no aumentaría ni disminuiría su distribución con respecto al modelo actual, por lo que conservaría toda su extensión en el futuro, con más de 1.100.000 km² (Mapa 21).

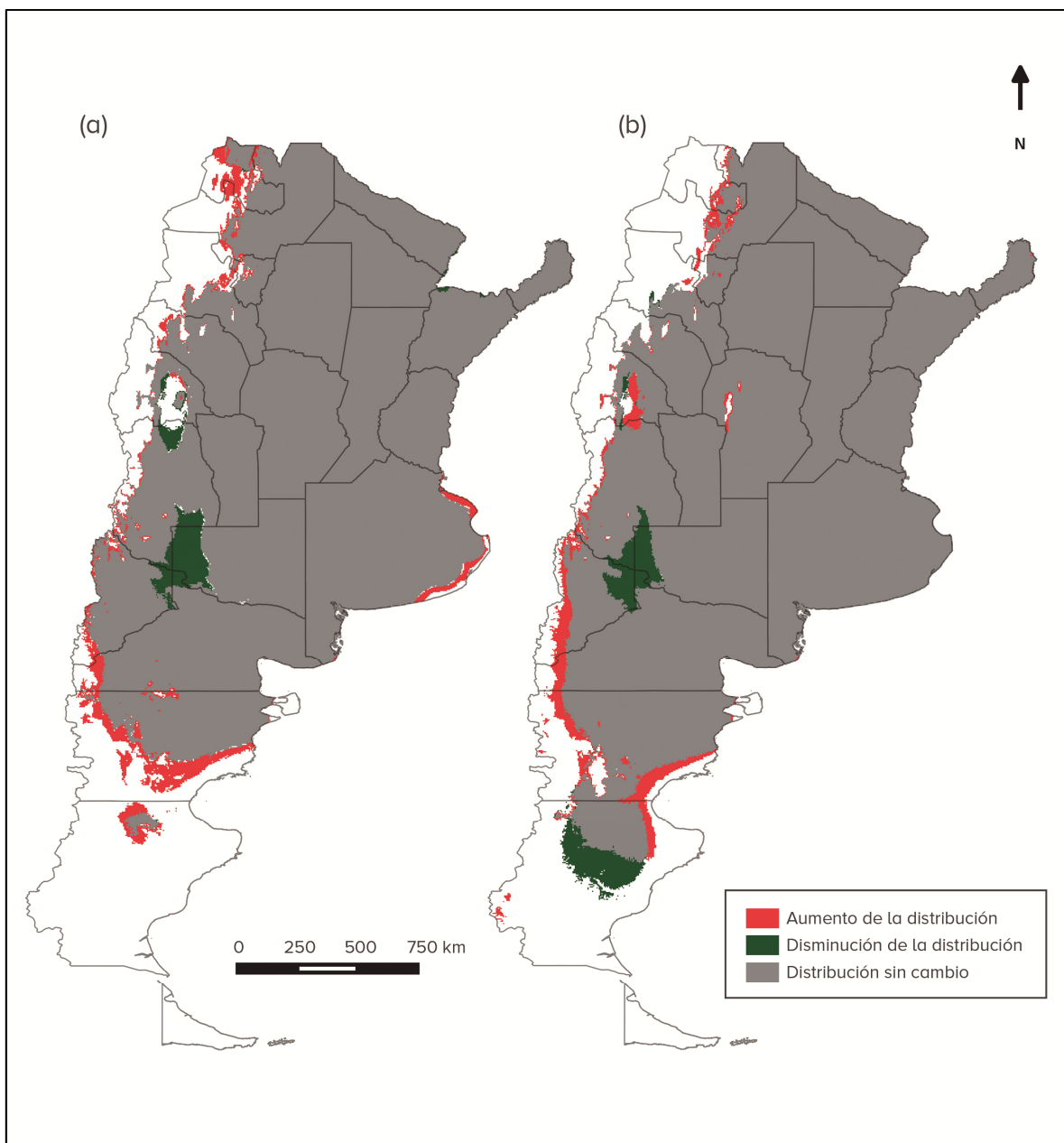
El modelo 4.5 muestra que *T. patagonica* y *T. guasayana* serían la especies que más territorio ganarían en su distribución, con alrededor de un 4% con respecto al modelo actual (Tabla 4-10), extendiendo sus territorios hacia el extremo sur de sus distribuciones (Mapa 22 y Mapa 23).

Tabla 4-10 Área de distribución histórica según Atlas de Carcavallo et al. (1999) y cambios en la distribución geográfica potencial entre el modelo actual y el año 2050 (modelos 4.5 y 8.5) de las siete “especies domesticas - peridomésticas” de triatominos en Argentina.

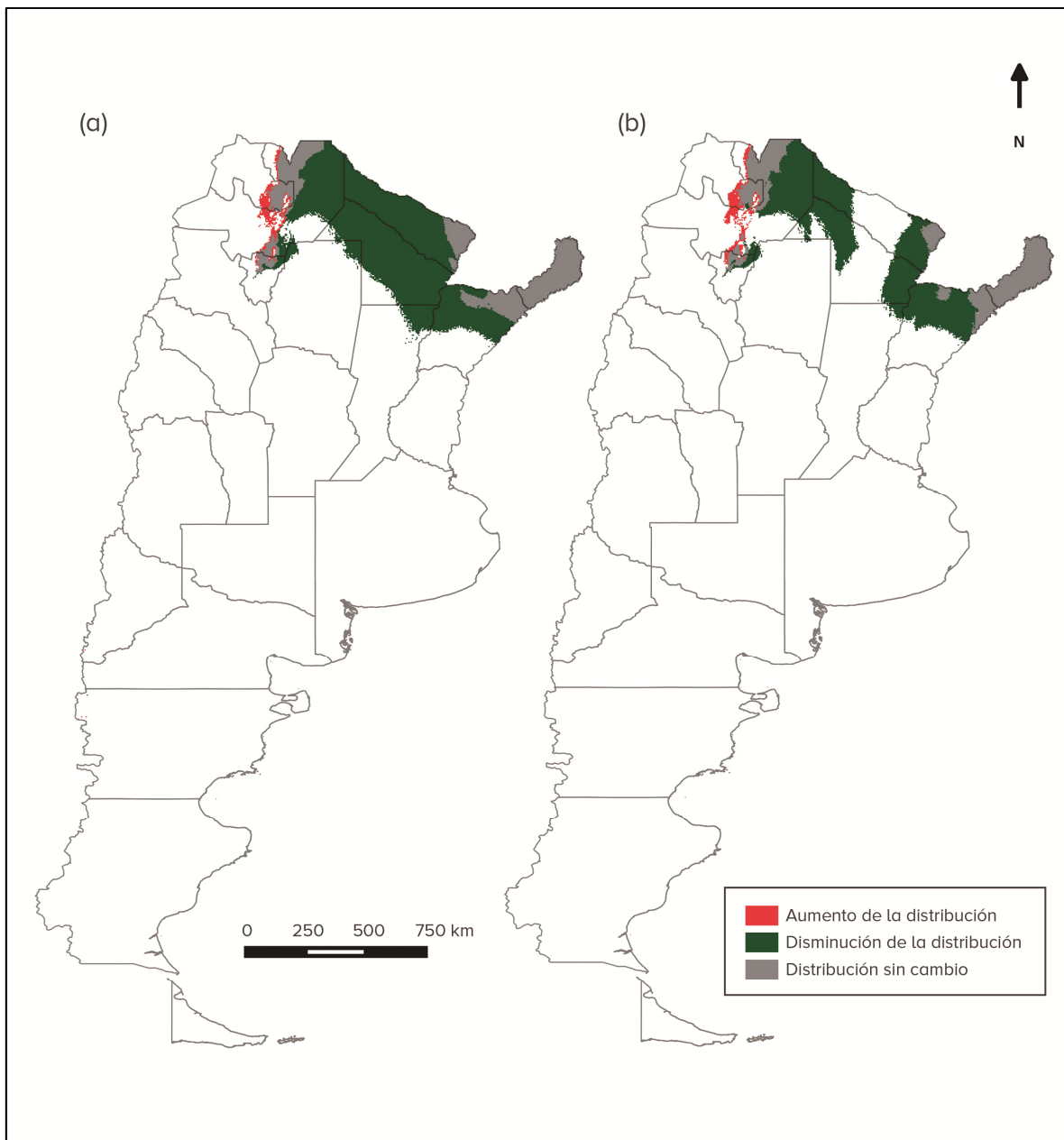
Especie	Distribución histórica (km ²)	Cambio en la distribución. Modelo 4.5			Cambio en la distribución. Modelo 8.5		
		Presencia sin cambio (km ²)	Aumento (km ²) (%)	Balance aumento - disminución (km ²) (%)	Presencia sin cambio (km ²)	Aumento (km ²) (%)	Balance aumento - disminución (km ²) (%)
<i>P. megistus</i>	224806	99972	11701 (0.35)	- 266703 (- 7.92)	87809	13129 (0.39)	- 175954 (- 5.23)
<i>P. rufotuberculatus</i>	58806	8844	987 (0.03)	- 12982 (- 0.39)	7647	819 (0.02)	- 14390 (- 0.43)
<i>T. garciabesi</i>	1008898	805908	66949 (1.99)	- 61193 (- 1.82)	776393	51656 (1.99)	- 106085 (- 3.15)
<i>T. guasayana</i>	1121307	1631583	135221 (4.02)	50459 (1.50)	1588204	180827 (5.38)	109194 (3.25)
<i>T. infestans</i>	2391444	2435831	129108 (3.85)	69701 (2.08)	2502570	105707 (3.14)	14411 (0.43)
<i>T. patagonica</i>	1927288	1900786	150535 (4.47)	47118 (1.40)	1910912	173118 (5.14)	79784 (2.37)
<i>T. sordida</i>	1102310	1161806	67495 (2.00)	6533 (0.19)	1142081	82095 (2.24)	945 (0.03)



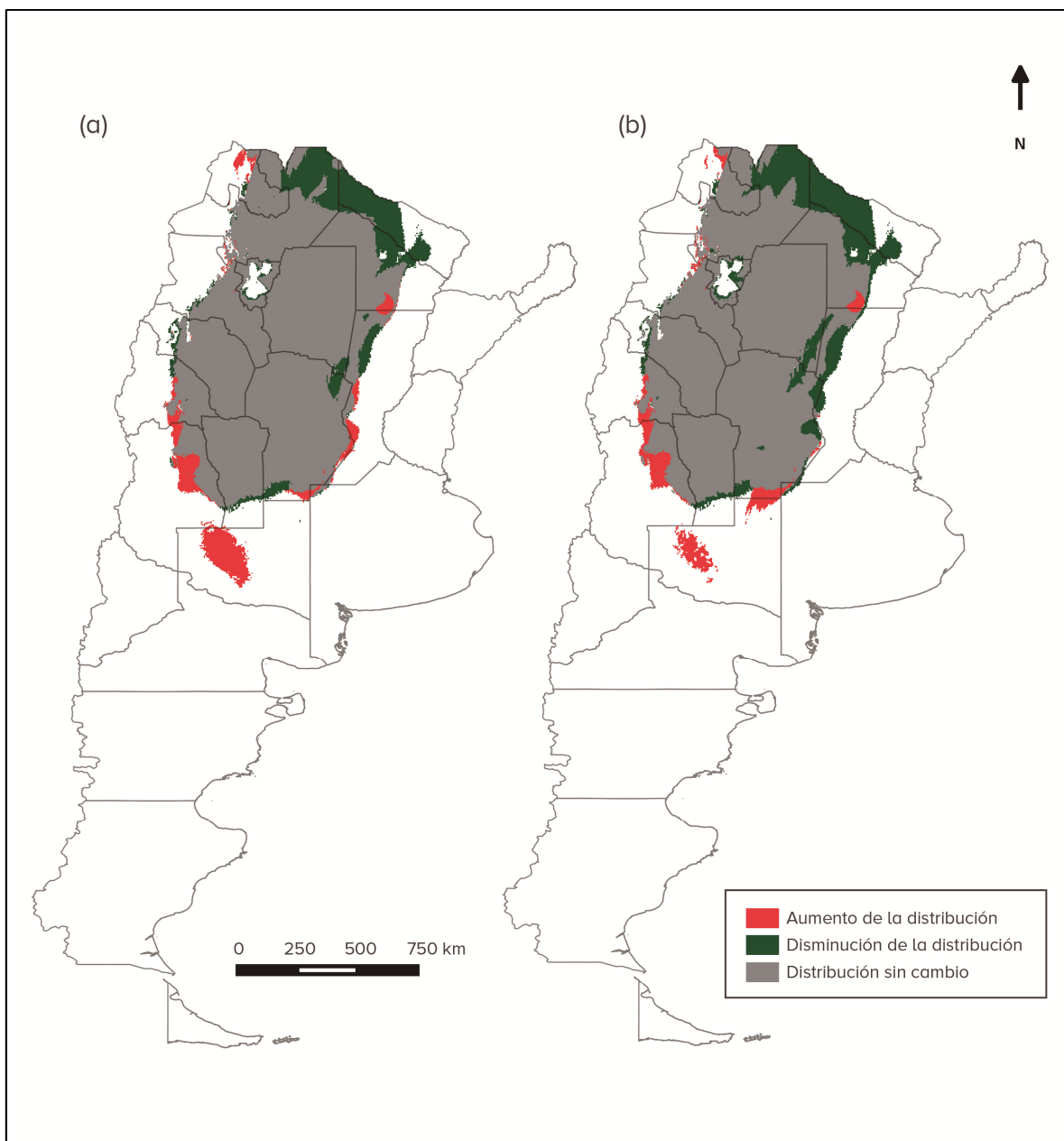
Mapa 17 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. rufotuberculatus*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



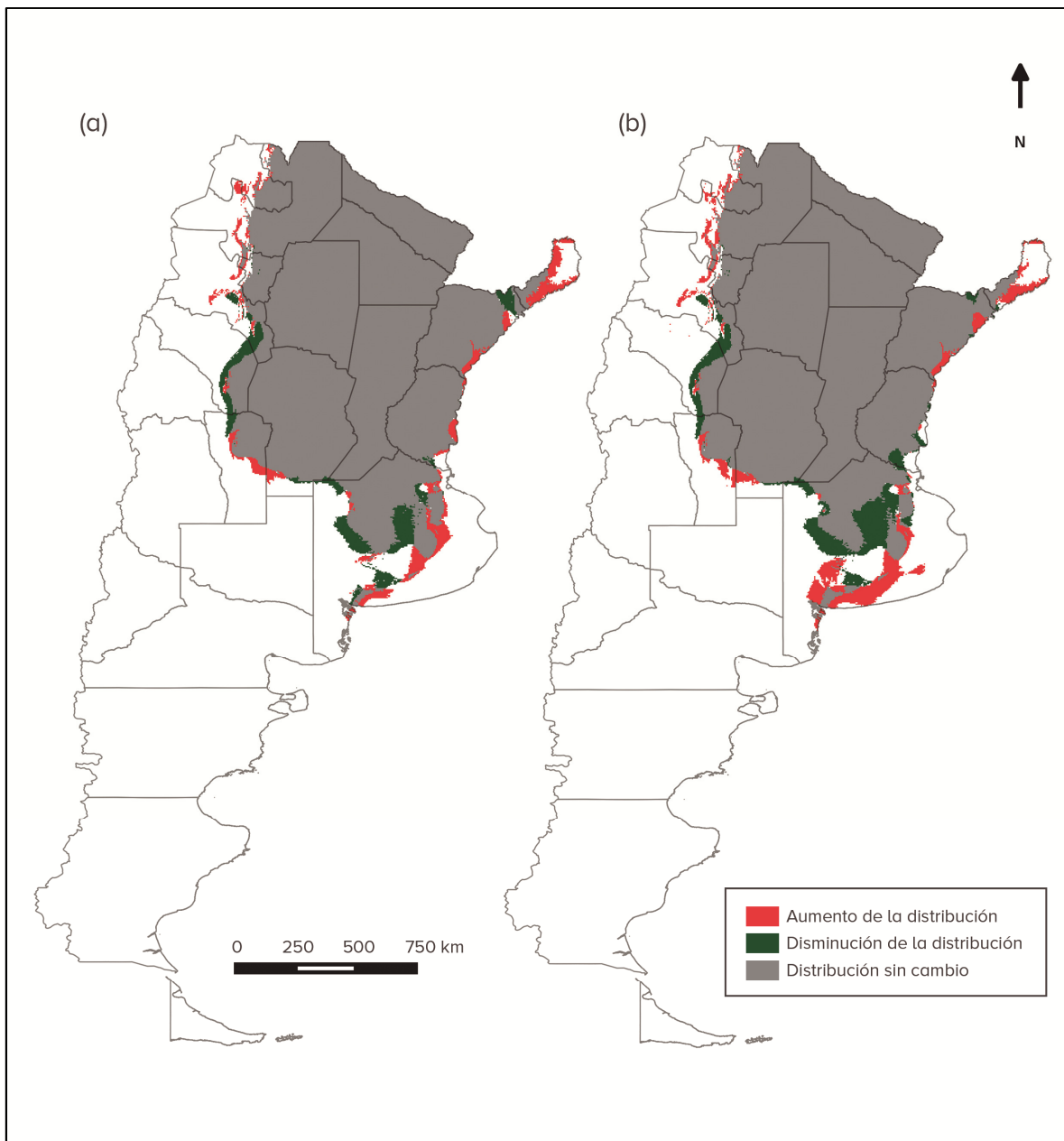
Mapa 18 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. infestans*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



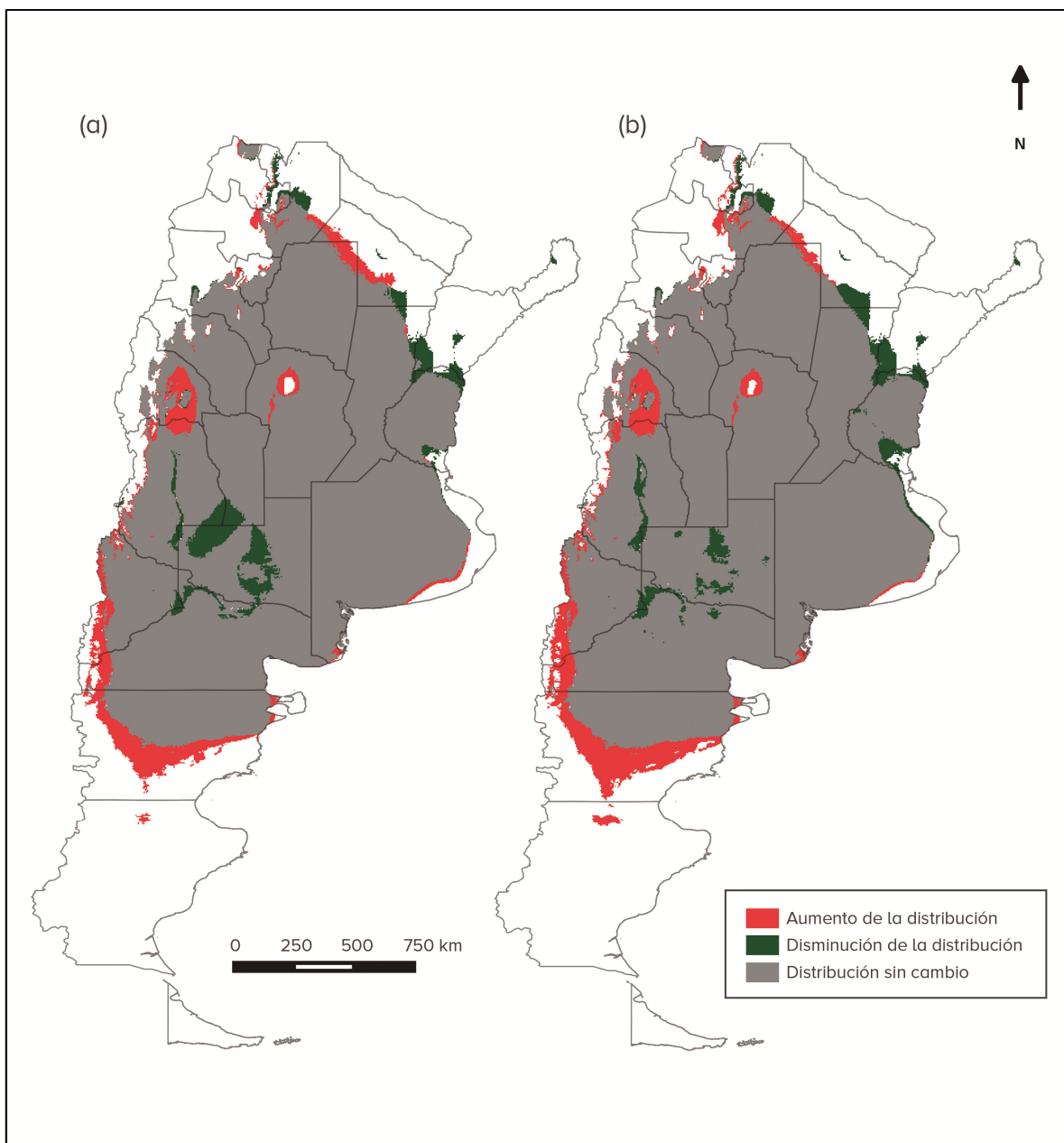
Mapa 19 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. megistus*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



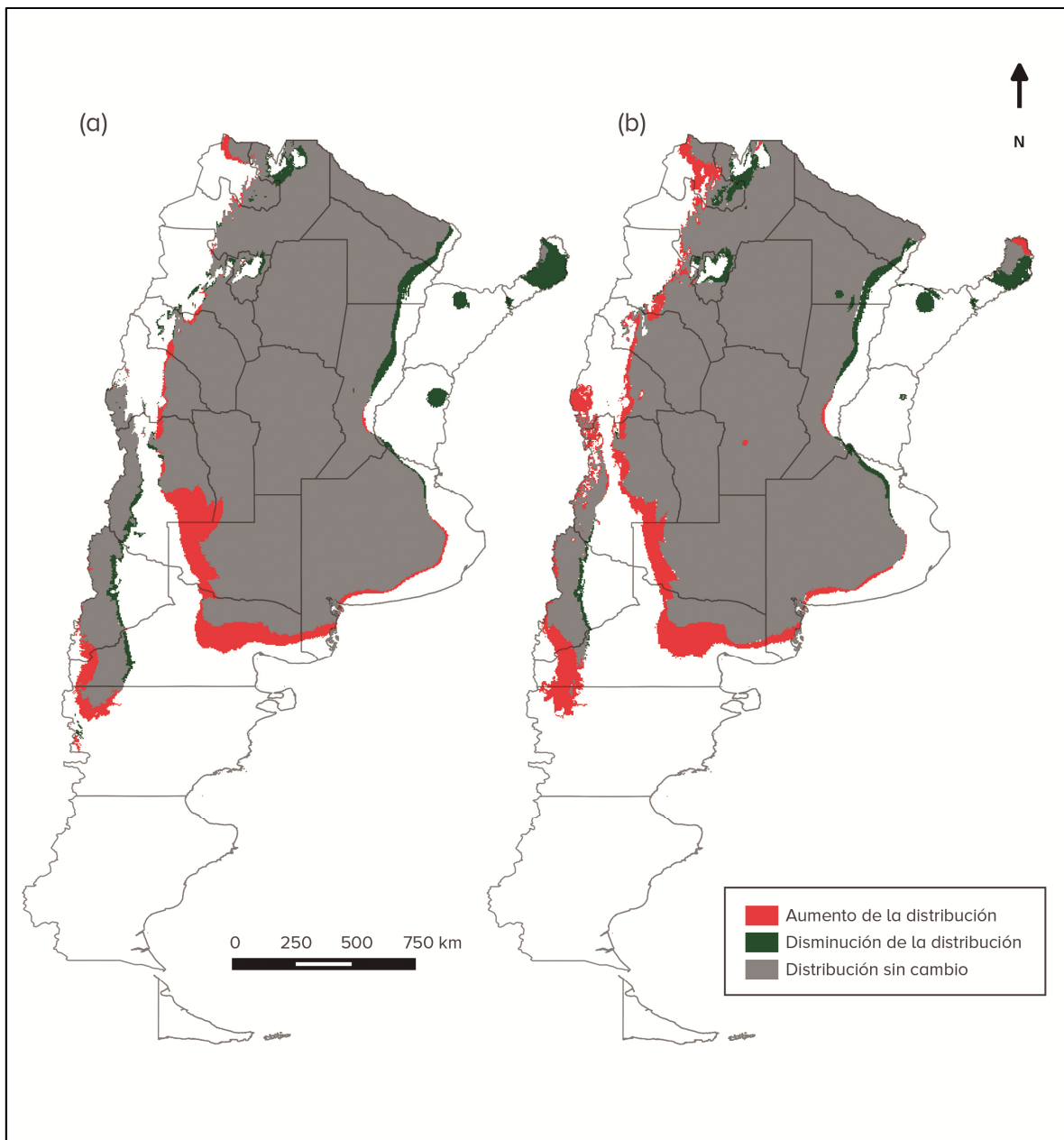
Mapa 20 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. garciabesi*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 21 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. sordida*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 22 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. patagonica*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 23 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. guasayana*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

En la Tabla 4-11 se presentan los resultados de la distribución histórica de Carcavallo et al. (1999) y los cambios en la distribución entre el modelo actual y los modelos futuros (4.5 y 8.5) de las nueve “especies silvestres” de triatomíneos en Argentina. A partir de las especies analizadas, se observa que *T. breyeri* y *T. limai* son las que tendrían menores distribuciones geográficas, reduciendo a tan solo 200 km² la distribución de *T. breyeri*, y a 60.000 km² la de *T. limai* en el modelo 8.5. (Mapa 24 y Mapa 25).

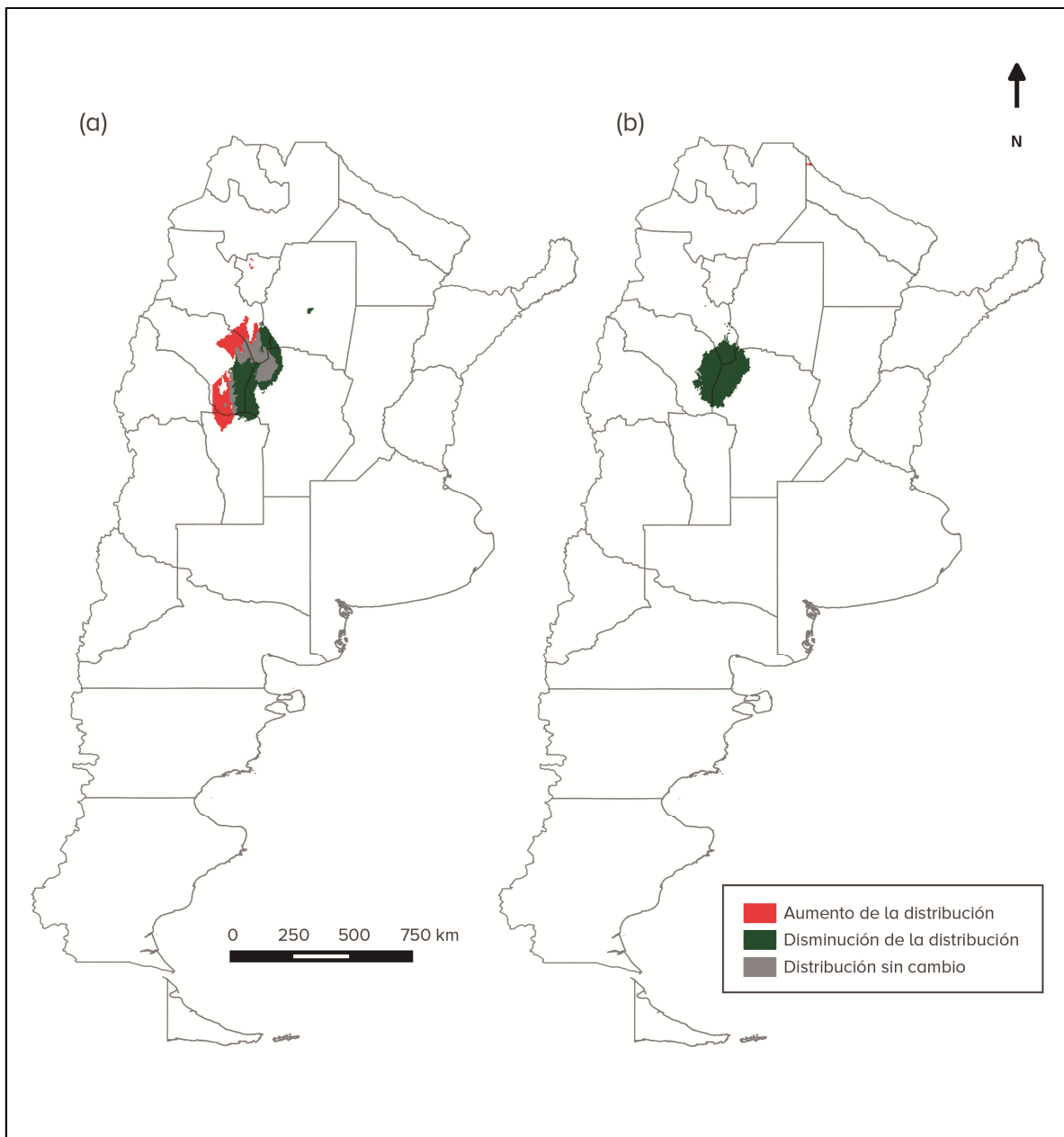
Panstrongylus geniculatus, *T. platensis* y *T. rubrovaria* serían las especies que más reducirían su distribución en el futuro. Si bien esta reducción en *P. geniculatus* es muy heterogénea, abarcando diferentes sectores de su distribución actual, en *T. platensis* se observa una marcada disminución en el sudoeste de su distribución, mientras que *T. rubrovaria* se centra principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. (Mapa 26, Mapa 27 y Mapa 28).

Las especies silvestres que incrementarían su distribución geográfica en ambos modelos son *P. guentheri* y *Ps. coreodes*. El patrón de incremento de *P. guentheri* en ambos modelos fueron similares, mostrando un aumento en el sudoeste y sur de su distribución actual (Mapa 29). En el modelo 8.5 *Ps. coreodes* presentó el mayor aumento en la distribución total con un 13 % (400.000 km²), expandiéndose hacia las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Misiones y Mendoza (Mapa 30).

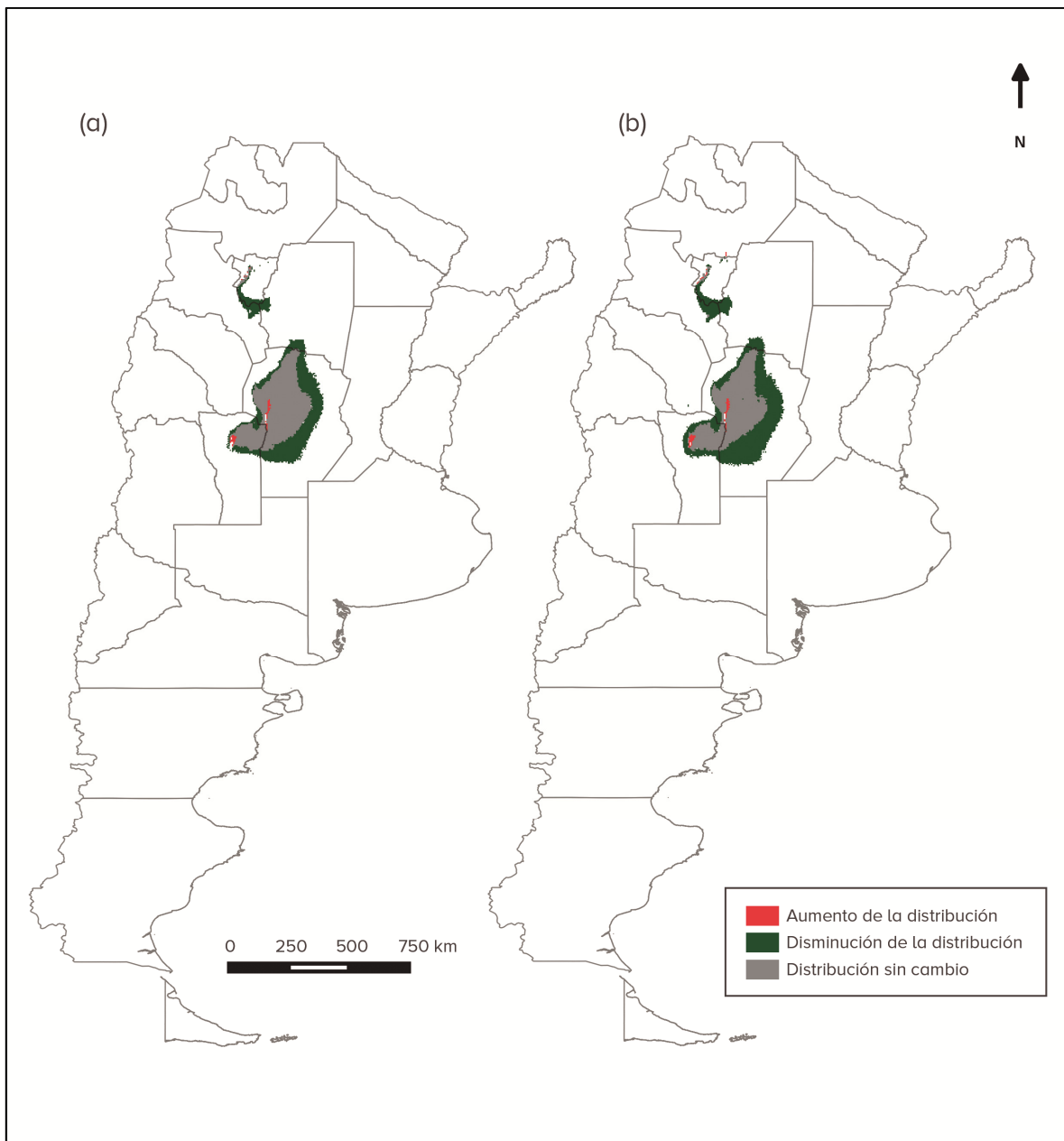
En el modelo 4.5, *T. delpontei* obtendría un aumento total en su distribución en 300.000 km², casi un 9% más que en su distribución actual, extendiéndose hacia las provincias de Entre Ríos, Mendoza, La Pampa y Río Negro (Mapa 31), mientras que *T. eratyrusiformis* aumentaría 80.000 km² principalmente en Santiago del Estero y Salta (Mapa 32). Es de remarcar que *T. delpontei* y *T. eratyrusiformis* fueron las únicas especies de las 16 analizadas que obtuvieron un ganancia total en sus distribuciones en el modelo 4.5 y una reducción total en el modelo 8.5 (Tabla 4-11).

Tabla 4-11 Área de distribución histórica según Atlas de Carcavallo et al. (1999) y cambios en la distribución geográfica potencial entre el modelo actual y el año 2050 (modelos 4.5 y 8.5) de las siete “especies silvestres” de triatominos en Argentina.

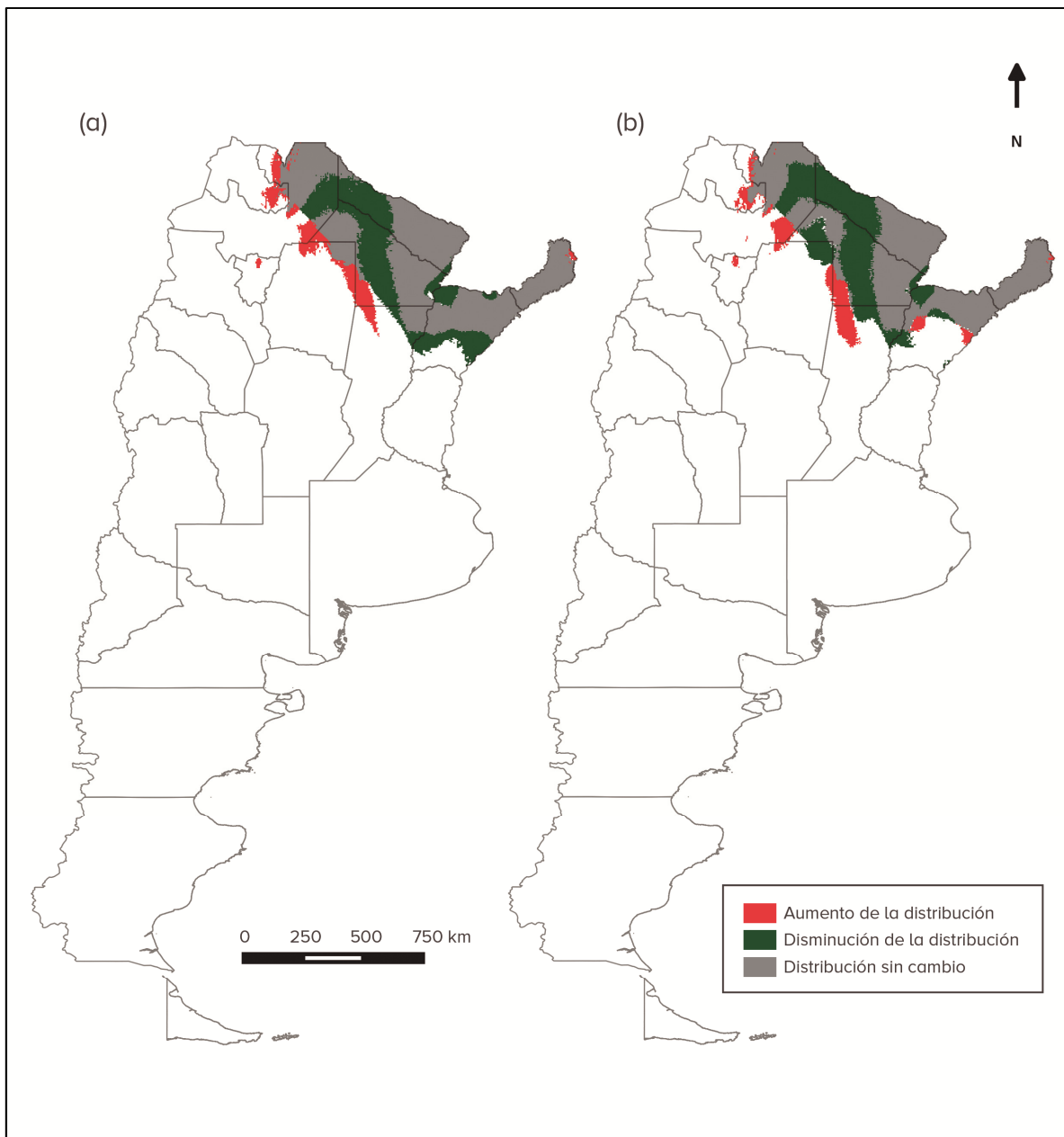
Especie	Distribución histórica (km ²)	Cambio en la distribución. Modelo 4.5			Cambio en la distribución. Modelo 8.5		
		Presencia sin cambio (km ²)	Aumento (km ²) (%)	Balance aumento - disminución (km ²) (%)	Presencia sin cambio (km ²)	Aumento (km ²) (%)	Balance aumento - disminución (km ²) (%)
<i>P. geniculatus</i>	572814	25458	40228 (1.19)	- 83313 (- 2.47)	226055	41762 (1.24)	- 93397 (- 2.78)
<i>P. guentheri</i>	1325313	1327130	234458 (6.96)	86485 (3.00)	1328874	252062 (7.49)	105833 (3.14)
<i>Ps coreodes</i>	993047	1036143	339366 (10.08)	229857 (6.83)	1100088	484419(14.39)	437993 (13.01)
<i>T. breyeri</i>	35332	18822	23339 (0.69)	- 8340 (- 0.25)	0	210 (0.01)	- 38106 (- 1.13)
<i>T. delpontei</i>	650375	1294129	353441 (10.50)	300083 (8.91)	946402	169778 (5.04)	- 16700 (- 0.50)
<i>T. eratyrusiformis</i>	638033	855253	166753 (4.95)	80582 (2.39)	622644	68167 (2.02)	- 180260 (- 5.35)
<i>T. limai</i>	111441	62748	1534 (0.05)	- 50227 (- 1.49)	57349	1954 (0.06)	- 66340 (- 1.97)
<i>T. platensis</i>	1748450	1558164	188453 (5.60)	- 105181 (- 3.13)	1567428	204565 (6.08)	- 73482 (- 2.18)
<i>T. rubrovaria</i>	177386	68545	32897 (0.98)	- 74301 (- 2.21)	74511	61529 (1.83)	- 48652 (- 1.45)



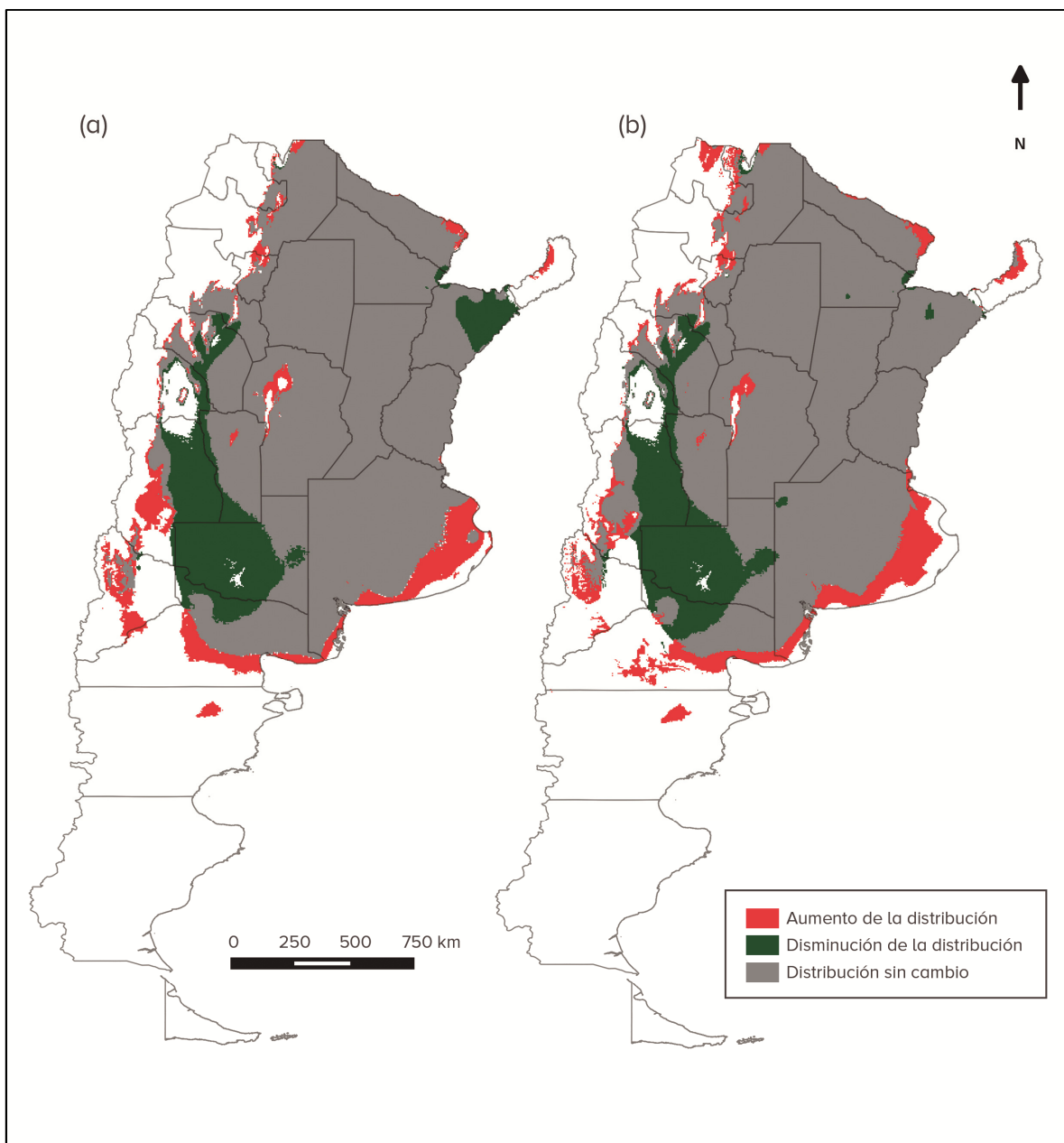
Mapa 24 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. breyeri*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



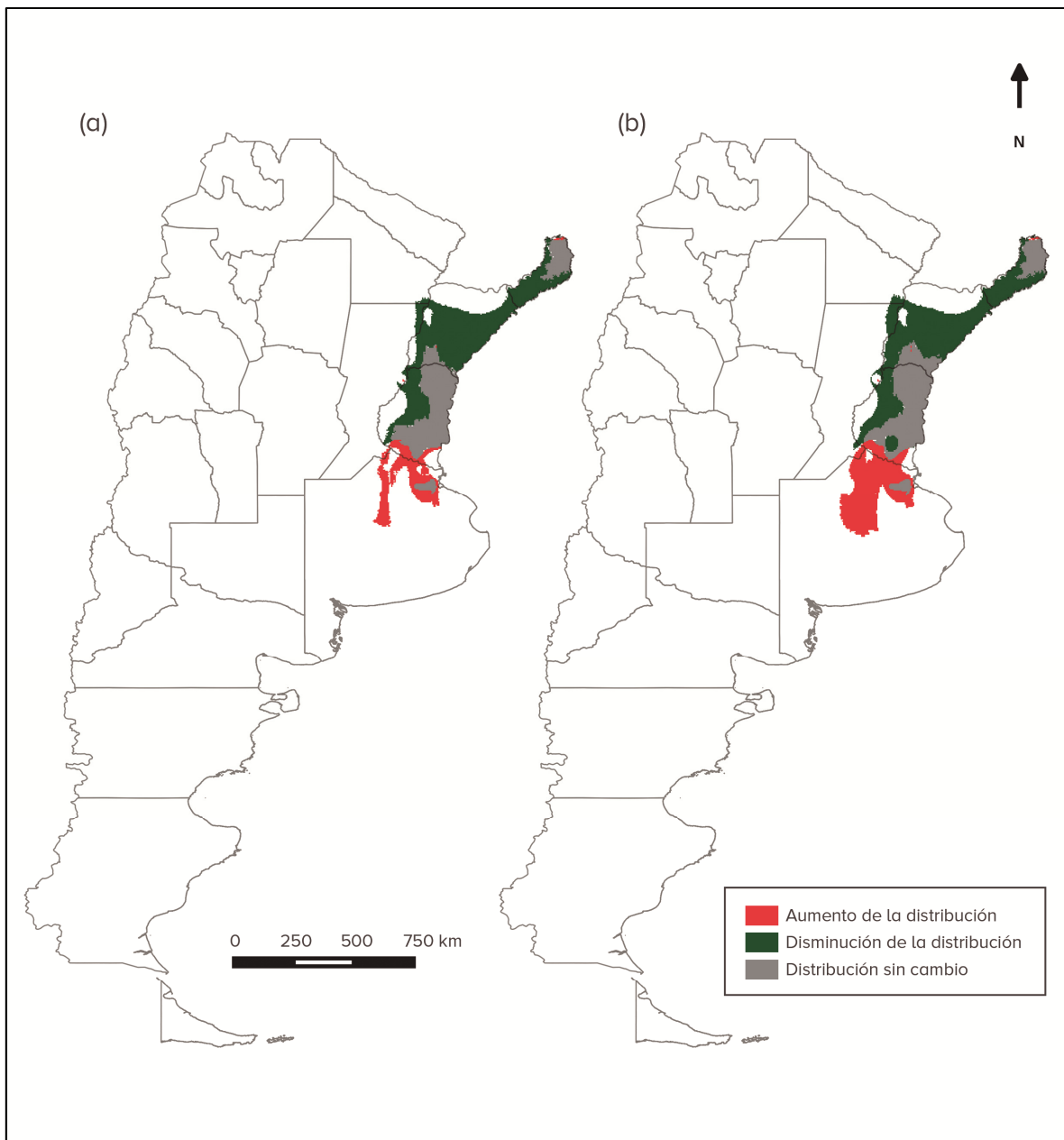
Mapa 25 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. limai*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



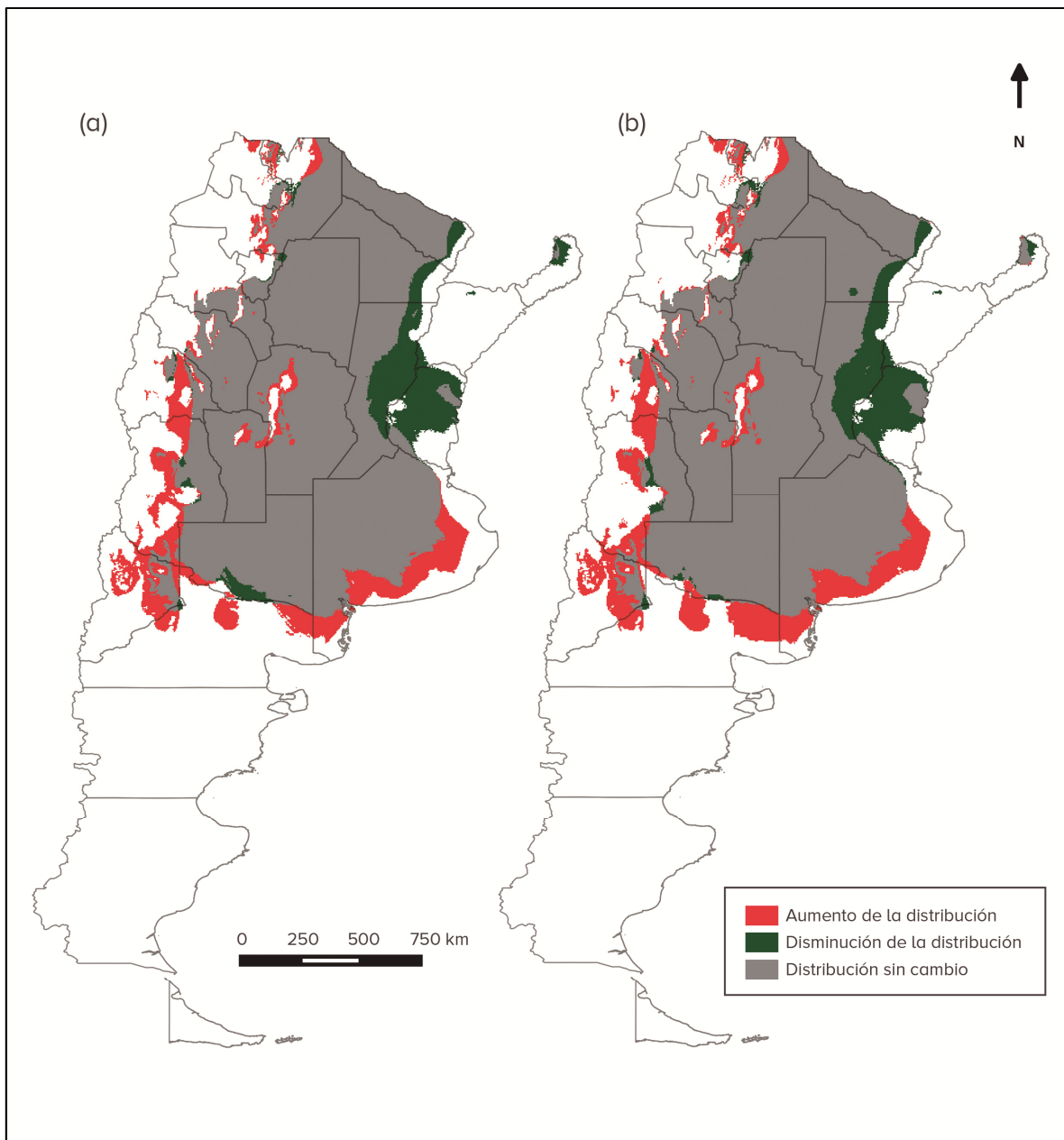
Mapa 26 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. geniculatus*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



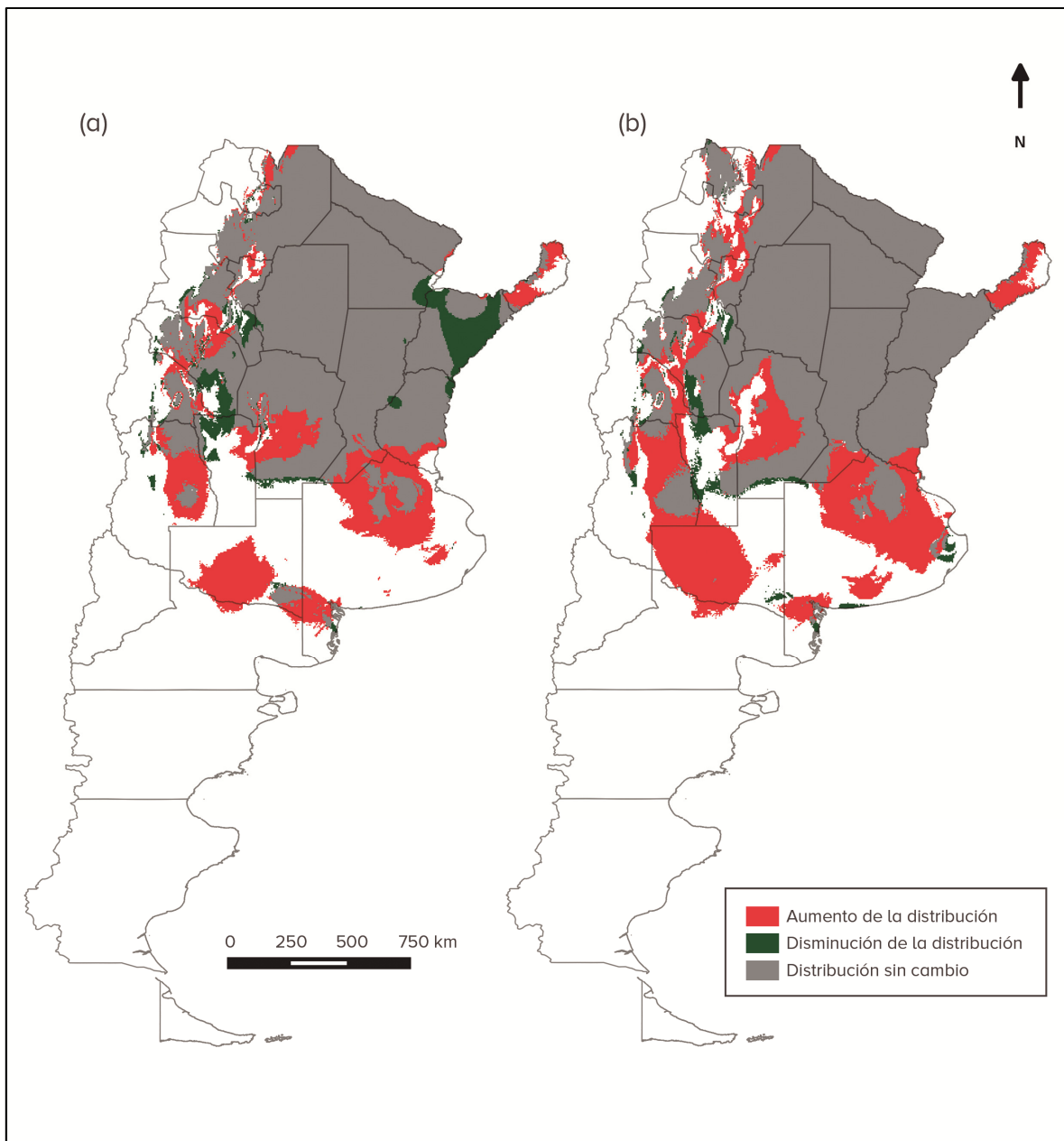
Mapa 27 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. platensis*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



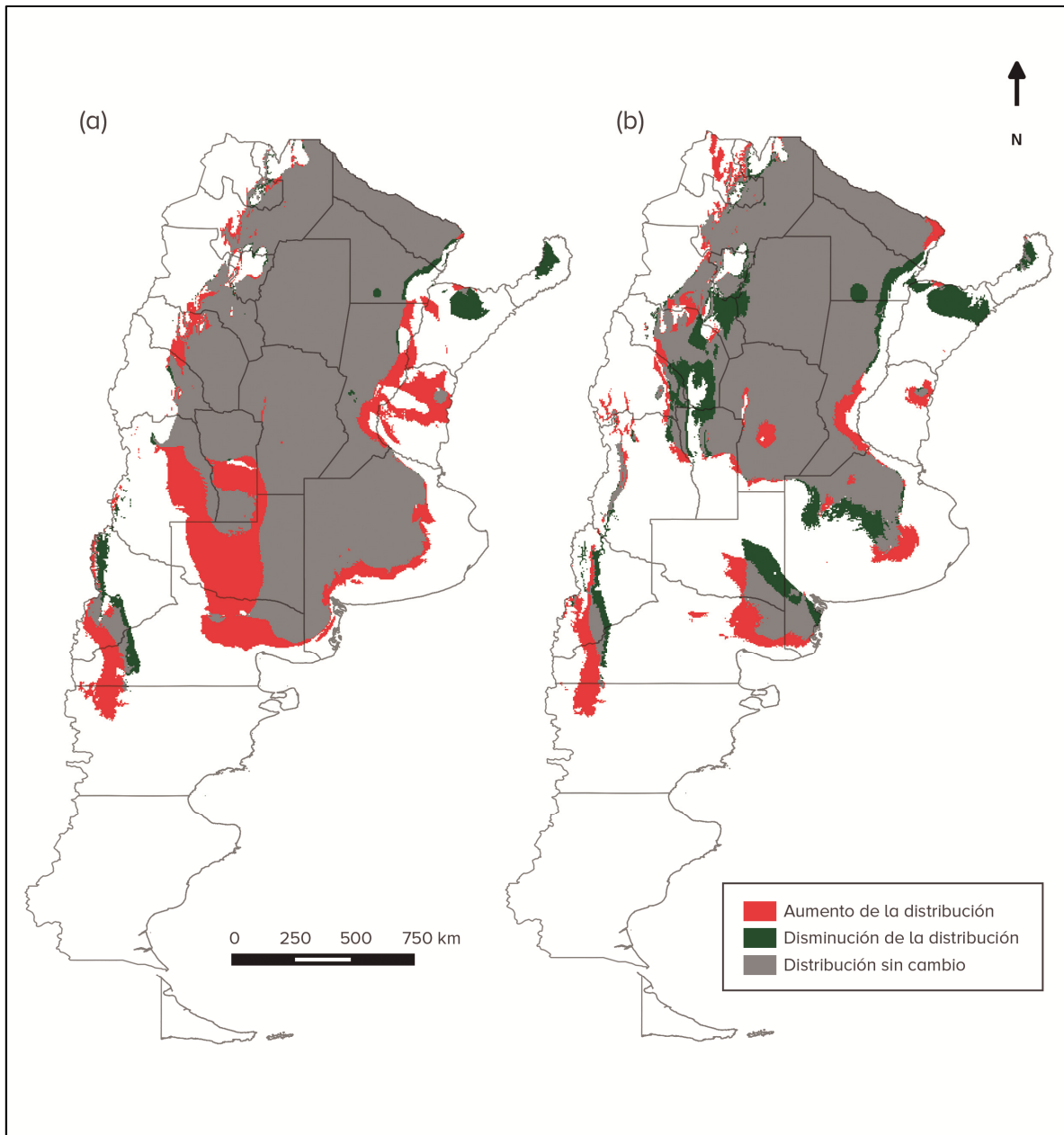
Mapa 28 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. rubrovaria*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



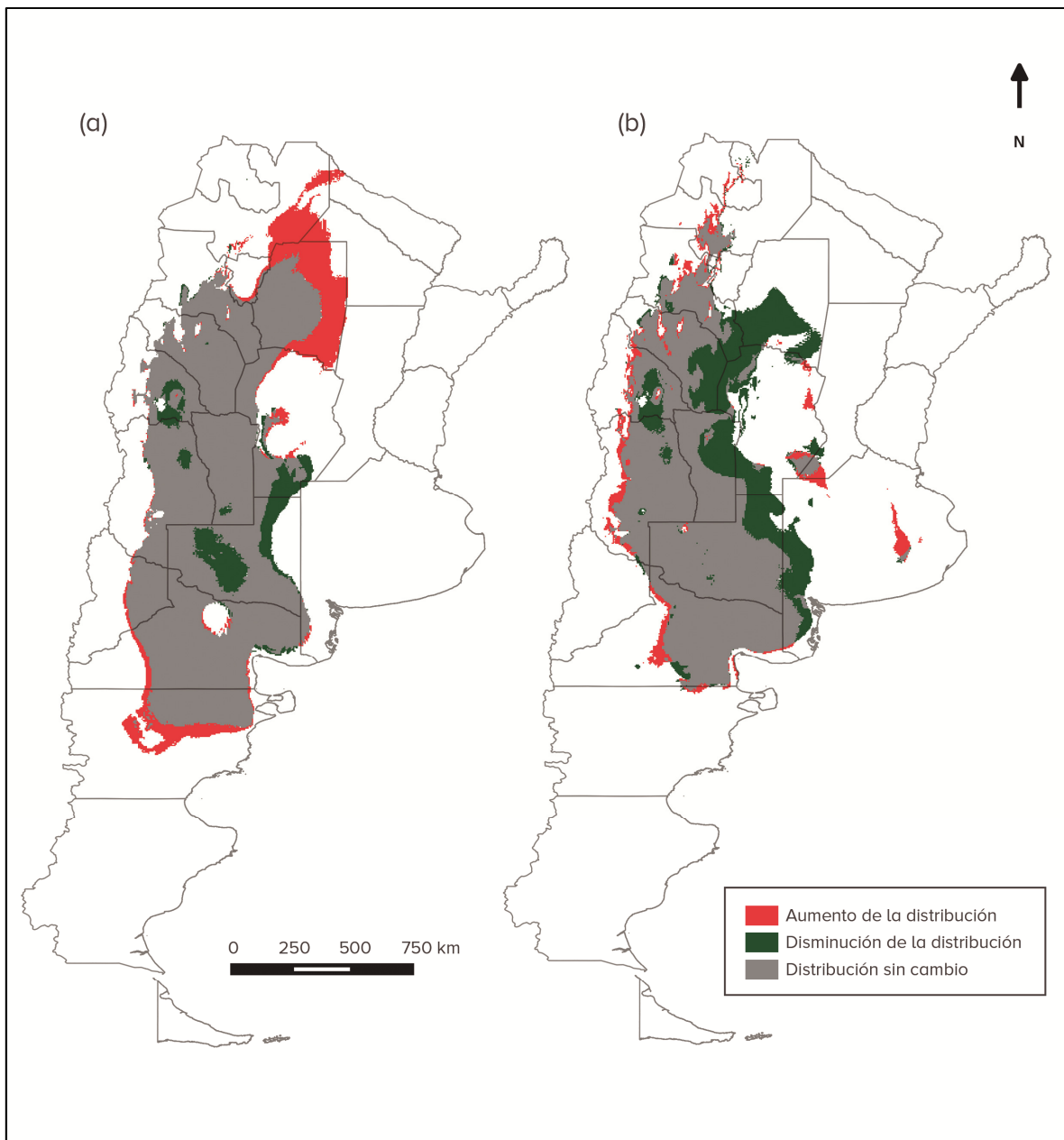
Mapa 29 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *P. guentheri*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 30 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *Ps. coreodes*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 31 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. delponteii*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.



Mapa 32 Cambios en la adecuabilidad climática entre las condiciones actuales y el año 2050 para *T. eratyrusiformis*. a) Modelo 4.5 b) Modelo 8.5.

4.3.7 Relación entre variables macro y microclimáticas

Los resultados obtenidos en relación a las variables macroclimáticas muestran que la temperatura máxima del mes más cálido (bio5) y la temperatura mínima del mes más frío (bio6) presentan valores similares (en la actualidad, como en los modelos 4.5 y 8.5) a las variables microclimáticas de todos los microhábitats en la provincia de Chaco, a excepción del nido de Furnaridae, donde las variables macroclimáticas subestiman el valor de la temperatura máxima del mes más cálido en más de 7 °C. Por el contrario, en la provincia de Córdoba los valores de la temperatura máxima del mes más cálido son muy inferiores a los registrados por los sensores colocados en todos los microhábitats, por lo que dicha variable se encuentra sub-estimando las variables microclimáticas. En cambio, la temperatura mínima del mes más frío presentó valores similares al microhábitat domiciliario, peridomiciliario y nido de Psittacidae, mientras que en el sensor control como en el nido de Furnaridae está variable se encuentra sub-estimando sus valores en la provincia de Córdoba (Tabla 4-12).

En cuanto a la estacionalidad de la temperatura (bio4) se observa una gran diferencia entre las variables macro y microclimáticas, ya que en todos los microhábitats de ambas provincias presentaron valores inferiores cercanos al 9% de variación. Por lo tanto, los cambios en la temperatura a lo largo del año son mayores en los microhábitats a los señalados por las variables macroclimáticas (Tabla 4-12).

Por otro lado, la amplitud térmica media anual (bio2) sólo presentó diferencias marcadas con el microhábitat peridomiciliario de la provincia de Chaco, sub-estimando su valor en más de 8 °C, tanto en las variables macroclimáticas actual como en ambos modelos futuros. En cambio, en la provincia de Córdoba se observa que tanto el ambiente externo, como el peridomicilio y el nido de Furnaridae, presentan valores superiores de esta variable (bio2) en la actualidad como en el futuro, mientras que los valores del domicilio se encuentran sobrestimados en más de 9 °C.

Tabla 4-12 Valores de las variables macroclimáticas y microclimáticas obtenidos de la base de datos Worldclim para las condiciones actuales y los modelos futuros 4.5 y 8.5; y valores de las variables microclimáticas obtenidos a partir de los datos registrados en cada microhábitat. Los valores a la derecha de / corresponden a la provincia de Chaco y los valores a la izquierda de / corresponden a la provincia de Córdoba.

Variable bioclimática	Worldclim			Microhábitats				
	Actual	Modelo 4.5	Modelo 8.5	Control	Domicilio	Peridomicilio	Psittacidae	Furnaridae
bio2	14.6 / 13.6	14.6 / 14.1	14.4 / 13.8	13.85 / 17.10	15.32 / 4.15	22.77 / 17.93	13.74 / 12.71	16.00 / 19.13
bio4	15.9 / 17.8	17.71 / 18.5	17.77 / 18.6	23.16 / 28.5	25.56 / 25.9	24.72 / 24.763	24.12 / 27.89	25.86 / 32.623
bio5	35.7 / 31.4	38.5 / 33.1	38.6 / 33.2	36.76 / 36.64	38.95/ 30.55	38.82 / 32.84	36.33 / 31.01	45.61 / 39.71
bio6	8.1 / 4.1	9.3 / 4.7	9.5 / 4.9	8.37 / 9.83	11.81 / 11.63	8.25 / 10.4	7.70 / 9.30	7.6 / 9.18

4.4 DISCUSIÓN

El uso de modelos de nicho ecológico (ENM) para analizar la potencial distribución geográfica de triatomíneos ha ido en aumento en los últimos años (Costa et al., 2002, Rodríguez y Gorla, 2004, López-Cárdenas et al., 2005, Almeida Batista y Gurgel-Gonçalves, 2009, Arboleda et al., 2009, Carbajal de la Fuente et al., 2009, Gurgel-Gonçalves y Cuba, 2009, Gurgel-Gonçalves et al., 2012, Garza et al., 2014). Sin embargo, existen muy pocos trabajos en los cuales se ha intentado predecir la distribución geográfica potencial de las especies de triatomíneos en Argentina, limitándose exclusivamente a la caracterización de las variables ambientales en relación a la distribución de *T. infestans* (Gorla, 2002, de la Vega et al., 2015, Medone et al., 2015).

Las variables macroclimáticas relacionadas con la temperatura fueron importantes predictoras de la adecuabilidad climática para todas las “especies domésticas-peridomésticas”, siendo la estacionalidad de la temperatura (bio4) la variable con mayor contribución a los modelos finales en ambos escenarios (RCP 4.5 y 8.5), excepto en *T. sordida* donde el mayor porcentaje de contribución estuvo dado por amplitud térmica diaria promedio (bio2). Las “especies domésticas-peridomésticas” se distribuyen en regiones áridas o semiáridas de Sudamérica (Carcavallo et al., 1999), donde los cambios en la temperatura a lo largo del año son bien marcados evidenciado principalmente en las cuatro estaciones del año. Por lo tanto, es congruente que en nuestros resultados la estacionalidad de la temperatura sea la variable con mayor aporte a la adecuabilidad climática de las “especies domésticas-peridomésticas”. Por lo tanto, estas especies deben estar adaptadas a amplios rangos de tolerancia térmicas, como ya ha sido demostrado para *T. infestans* en experimentos de laboratorio (de la Vega et al., 2015). En el caso de *T. infestans*, la temperatura mínima del mes más frío (bio6) fue otra de las variables con mayor contribución a la adecuabilidad climática. Sin embargo, esta variable no tuvo el mismo efecto en la adecuabilidad de *T. patagonica*, siendo ambas especies las que presentan las distribuciones más australes en nuestro país. Estos resultados concuerdan con los publicados por Medone et al. (2015) y

de la Vega et al. (2015), donde también corroboraron que la temperatura mínima del mes más frío influyó de manera significativas en los modelos finales para la especie *T. infestans*. Sin embargo, no se observa que la estacionalidad de la temperatura haya contribuido en la adecuabilidad climática (de la Vega et al., 2015, Medone et al., 2015). Por lo tanto, la temperatura mínima del mes más frío podría ser la variable más influyente en la distribución geográfica potencial de *T. infestans*, limitando su dispersión hacia las zonas más frías de la República Argentina.

Por otro lado, todas las “especies silvestres” tuvieron en cierta medida una contribución significativa en la adecuabilidad climática de las variables relacionadas con las precipitaciones. Los resultados de los análisis muestran que la precipitación media del trimestre más frío (bio19) afectaría la adecuabilidad climática de las especies *T. breyeri*, *T. limai* y *T. eratyrusiformis* con distribuciones en el oeste de nuestro país. Tal vez, esto se deba a que en la “diagonal árida” (región comprendida entre la puna, gran parte de la región noroeste, por todo Cuyo y por toda la Patagonia extrandina) en los meses más fríos las precipitaciones sean muy esporádicas durante el invierno. En cambio, la precipitación media del mes más seco (bio14) influiría en la adecuabilidad de las especies con distribución más hacia el este, como es el caso de *T. rubrovaria*. Esta especie habita en Argentina solamente en la región de la Mesopotamia, siendo hallada en cuevas de armadillos y canteras correspondientes a afloramientos de areniscas (Toranzo, 1944, Damborsky et al., 2001). Si bien la biología de esta especie es poco conocida (Salvatella et al., 1991, Damborsky et al., 2001), seguramente pueda estar adaptada a grandes regímenes de precipitaciones. Debido a ello, la precipitación media del mes más seco sería la variable que influiría de forma significativa en su distribución.

Los cambios en la adecuabilidad climática, desde un nivel bajo actual a un nivel alto en los modelos futuros, se observan principalmente en las especies *T. guasayana*, *T. infestans*, *T. patagonica* y *T. sordida*. Estos cambios se centran principalmente en las provincias de Córdoba, Chaco, Santiago del Estero, Santa

Fe y Salta. Estos resultados indicarían que un cambio en el incremento de la adecuabilidad en la principal área endémica de Argentina y donde están implicados los principales vectores de la enfermedad de Chagas, podrían dificultar en mayor medida las campañas de erradicación de estos vectores en el futuro. Las especies anteriormente mencionadas, junto a *T. garciabesi*, también incrementarían su adecuabilidad climática (pasando de un nivel bajo actual a un nivel medio en los modelos predichos) en los márgenes australes de sus distribuciones. Por ejemplo, *T. guasayana* sería la especie que en mayor medida incrementaría su adecuabilidad climática media, pasando a ocupar las provincias de Mendoza, La Pampa y Río Negro, mientras que *T. patagonica* incrementaría su adecuabilidad media hacia las provincias de Chubut y Neuquén. Por lo tanto, el aumento en la adecuabilidad para todas estas especies “domesticas-peridomésticas” podría señalar un incremento en el potencial riesgo de transmisión del parásito en nuevas áreas geográficas, sugiriendo un cambio en la situación epidemiológica bajo los modelos de cambios climáticos analizados. Medone et al. (2015), indican que *T. infestans* disminuiría su adecuabilidad climática en las zonas donde en nuestro análisis se incrementaría de baja a alta. Estas diferencias tan marcadas podrían deberse a la resolución espacial a la cual se realizaron los análisis (2.5 arc-min en esta tesis y 30 arc-seg en el trabajo de Medone et al., 2015), como también a las ventanas utilizadas como *background* (áreas que utiliza el software MaxEnt como muestra aleatoria de los no-ocurrencias de la región de interés). Al contrario de las especies antes mencionadas, *P. megistus*, *T. garciabesi* y *T. patagonica* muestran una marcada disminución en la adecuabilidad climática en las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa y Salta, pasando desde un nivel medio a un nivel bajo en los modelos futuros. Por lo tanto, las especies *T. garciabesi* y *T. patagonica* disminuirían su adecuabilidad en sus distribuciones más al norte e incrementarían su adecuabilidad climática en sus distribuciones australes.

Al igual que en las “especies domesticas-peridomésticas”, los incrementos en la adecuabilidad climática desde un nivel bajo a un nivel alto en los modelos futuros de las “especies silvestres” se observan principalmente en la región centro-

norte de nuestro país. Las especies *P. guentheri*, *Ps. coreodes*, *T. delpontei* y *T. platensis* incrementarían la adecuabilidad climática, pasando desde un nivel medio a alto, en sus distribuciones australes llegando a ocupar provincias en las cuales no están presentes en la actualidad. Estas especies poseen una baja importancia epidemiológica, siendo encontradas esporádicamente infectadas con *T. cruzi* (Marti et al., 2014, Galvão y Justi, 2015). Sin embargo, debido a un aumento en las adecuabilidades climáticas podrían aumentar sus distribuciones geográficas, y de esta manera, quedarían involucradas nuevas especies de mamíferos en el ciclo silvestre de *T. cruzi*. *Triatoma eratyrusiformis* fue la única especie silvestre que mostro heterogeneidad en la adecuabilidad climática entre ambos modelos futuros. Por un lado, en el modelo 4.5 se observa una gran disminución de la adecuabilidad en la región oeste de su distribución actual, mientras que en el modelo 8.5 la disminución en la adecuabilidad se centra principalmente en toda la franja este. Recientemente, Cecere et al. (2016) indican que *T. eratyrusiformis* es un vector secundario emergente en los Valles Calchaquies del noroeste de la Argentina. Estos resultados concuerdan con los obtenidos a partir del modelo 8.5, donde si bien se reduciría la adecuabilidad climática en la región este, esta se incrementaría hacia la zona de los Valles Calchaquies.

Diniz-Filho et al. (2013), proponen que la región centro-norte de la Argentina es una de las zonas de Latinoamérica con la mayor riqueza de especies de triatomíneos. Este análisis concuerda con nuestros resultados, debido a que los aumentos en la adecuabilidad climática en los modelos futuros, tanto para las “especies domesticas-peridomésticas” como para las “especies silvestres”, se concentran principalmente en las Chaco, Córdoba y Santiago del Estero.

Si bien las transiciones en la adecuabilidad climática dan un panorama general de los cambios en la distribución geográfica, la información presentada como de presencia-ausencia de las especies puede ser más práctica que presentada como probabilidad o adecuabilidad climática. Por lo tanto, se necesita un umbral para transformar los datos de la probabilidad en datos de presencia-ausencia (Liu et al., 2005). Hay potencialmente tantas reglas para configurar

umbrales o puntos de corte como métodos de modelización, y la elección es a menudo hecha de manera arbitraria ya que no existen criterios específicos para la selección, sobre todo en modelos que utilizan sólo datos de presencia (Loiselle et al., 2003, Liu et al., 2005, Jiménez-Valverde y Lobo, 2007, Morueta-Holme et al., 2010, Nenzén y Araújo, 2011). Uno de los umbrales más utilizados es el *décimo percentil de umbral de presencia* (Tinoco et al., 2009, Cuervo-Robayo y Monroy-Vilchis 2012, Botello et al., 2015), que se basa en el intervalo de valores que incluye al 90% de los registros de presencia y excluye al 10% restante, como fuera del intervalo (Morueta-Holme et al., 2010). Este criterio permite excluir valores que hayan sido mal referenciados, mal identificados o como en nuestro caso, distribuciones que hayan sido sobreestimadas en el Atlas de Carcavallo et al. (1999) (Fielding y Bell 1997, Loiselle et al., 2003).

La realización de mapas de distribución de especies provenientes de puntos de ocurrencia obtenidos a partir de Atlas es un tanto controversial, ya que estos no capturan las áreas donde las especies están ausentes, aumentando la cantidad de falsos positivos, y de esta manera, sobreestimando la distribución geográfica de las especies. Tampoco se puede tener certeza de que los puntos de presencia registrados en este Atlas hayan sido marcados efectivamente en el lugar donde las vinchucas fueron colectadas, ya que los investigadores en épocas pasadas no contaban con un GPS para marcar los puntos de colecta. No obstante, una de las ventajas de este tipo de análisis es que permite entender los patrones de distribución de especies a gran escala (Diniz-Filho et al., 2009). Por lo tanto, en este trabajo de tesis decidimos utilizar un umbral de corte que no sobreestime aún más las distribuciones actuales propuestas por Carcavallo et al. (1999).

Sobre la base de nuestros resultados podemos evidenciar que las distribuciones geográficas actuales de las especies con mayor área de distribución en Argentina se encontrarían subestimadas por parte de Carcavallo et al. (1999). En el caso particular de las “especies domesticas-peridomésticas” esto tendría una gran influencia en las campañas de erradicación y en la prevención de la enfermedad de Chagas, ya que esta disminución en la actualidad se observa

principalmente en las especies *T. infestans*, *T. guasayana* y *T. sordida*, principales especies vectoras de *T. cruzi* en Argentina. Sin embargo, los mapas de distribuciones potenciales futuras obtenidos a partir de las variables bioclimáticas muestran que posiblemente en el futuro las especies de triatominos con una subestimación en su distribución actual se desplacen hacia regiones más australes, expandiendo de esta manera sus territorios. Varios autores han propuesto cambios en la distribución geográfica de distintas especies de triatominos frente al cambio climático global (Costa et al., 2002, López-Cárdenas et al., 2005, Almeida Batista y Gurgel-Gonçalves, 2009, Gurgel-Gonçalves et al., 2012, Garza et al., 2014). Estos autores sugieren que las diferentes especies aumentarán sus distribuciones geográficas hacia regiones que se volverán más templadas o cálidas en el futuro. Esto se vería reflejado en las especies de triatominos de Argentina, debido a que en nuestro análisis los cambios en la distribución geográfica se observan principalmente hacia la Patagonia, donde el clima se volvería más templado (Nuñez et al., 2008). Por el contrario, las especies silvestres con pequeñas áreas de distribución tendrían una sobreestimación en sus distribuciones actuales en el Atlas de Caracavallo et al. (1999). Los mapas futuros obtenidos en relación a modelos de cambio climático global avalan estas suposiciones, ya que para las especies *P. rufotuberculatus*, *T. breyeri* y *T. limay* se observa una gran disminución en sus distribuciones futuras. La distribución actual de *P. rufotuberculatus* en el Atlas de Carcavallo et al. (1999) se basa en las observaciones realizadas por Champion (1899); aunque se supone que esta especie se distribuiría en Jujuy, no se poseían datos concretos de su hallazgo. Sin embargo, Salomon et al. (1999) publican el primer hallazgo de esta especie en Argentina, precisamente en Jujuy. Al igual que *P. rufotuberculatus*, la biología y ecología de *T. breyeri* y *T. limay* son casi desconocidas, con muy pocos registros de estas dos especies en toda su distribución. En la bibliografía hace más de 40 años que no han sido reportadas, a excepción de un hallazgo de ninfas y adultos en el año 2008-2009 de *T. breyeri* en una localidad de La Rioja (Marti, comunicación personal, Ceccarelli et al., 2015). Por lo tanto, se supone que en el futuro estas “especies silvestres” tendrían a reducir al máximo sus distribuciones

actuales, restringiéndose a zonas muy pequeñas con condiciones macroclimáticas particulares. En el futuro se deben realizar búsquedas exhaustivas de las diferentes especies de triatominos en Argentina a fin de corroborar sus puntos de presencia, y de esta manera generar mapas más precisos de sus distribuciones, como apoyo a los organismos públicos de salud en la prevención de la enfermedad de Chagas en otras regiones de nuestro país en el futuro.

La relación entre las condiciones macroclimáticas y microclimáticas a las cuales están expuestos los diferentes organismos es un debate que surgió hace años en el contexto de la ecología. Si bien el análisis realizado entre las variables bioclimáticas muestra que las variables macroclimáticas subestiman o sobrestiman los valores de las variables microclimáticas de los microhábitats, estas son el promedio de 50 años de datos obtenidos a partir de estaciones meteorológicas dispuestas en todo el mundo. Para realizar una correcta correlación entre los datos macroclimáticos y microclimáticos se necesitan largas series de tiempos con registros de variables ambientales en los microhábitats. Además se necesitan datos en distintas coordenadas de la superficie, con la finalidad de poder correlacionar valores macro y microclimáticos a lo largo de grandes extensiones en el terreno. En este trabajo de tesis doctoral se intentó realizar una base microclimática para los triatominos de Argentina, pero la cantidad de registros y los puntos en el terreno fueron escasos para poder llevarla a cabo. Actualmente existe una base de datos microclimáticas realizada a partir de las variables macroclimáticas provistas por Worldclim (Kearney et al., 2014). Si bien estas variables serían más comparables con nuestros datos registrados por los sensores en cada microhábitat, las variables microclimáticas están calculadas por un periodo corto de tiempo y no se cuenta con variables a futuro. Por lo tanto, como el objetivo de esta tesis es conocer cuales especies de triatominos cambiarán su distribución geográfica en relación a los cambios climáticos futuros, se decidió no utilizarla y analizar sus cambios en sus distribuciones geográficas a partir de datos macroclimáticas. A futuro se deberían obtener datos de las condiciones microclimáticas en diferentes microhábitats en distintas regiones de Argentina, y

de esta manera se podrán desarrollar mapas de distribución de los triatominos a partir de datos microclimáticos.

4.5 CONCLUSIONES GENERALES

- ❖ Los data loggers THERMOBUTTON TPD4521 son una buena herramienta para desarrollar este tipo de trabajo, ya que por su pequeño tamaño, capacidad de almacenamiento y resistencia a las inclemencias climáticas proveen facilidades para su manejo en el campo.
- ❖ El análisis de nuestros datos arrojan como resultado final que las condiciones microclimáticas del domicilio de la provincia de Chaco serían más adecuadas para el desarrollo y mantenimiento de las poblaciones de triatominos que las de la provincia de Córdoba.
- ❖ Los peridomicilios de ambas provincias se encuentran expuestos a las condiciones climáticas similares a las del ambiente, no logrando amortiguar ninguna de las variables analizadas.
- ❖ Dentro de los microhábitats silvestres existen condiciones desfavorables extremas en los nidos de Furnaridae de ambas provincias. Las cuales no permitirían la supervivencia de los triatominos en los meses más calurosos del año. El nido de Psittacidae de la provincia de Córdoba podría ser un microhábitat adecuado donde encontrarían refugio las especies de triatominos durante las condiciones adversas macroclimáticas. Sin embargo, el mismo microhábitat en la provincia de Chaco no fue capaz de amortiguar las temperaturas ni humedades relativas macroclimáticas desfavorables.
- ❖ Las variables macroclimáticas relacionadas con la temperatura fueron importantes predictoras de la adecuabilidad climática para todas la “especies domésticas-peridomésticas”, siendo la estacionalidad de la temperatura (bio4) la variable con mayor contribución a los modelos finales en ambos escenarios (RCP 4.5 y 8.5).
- ❖ La temperatura mínima del mes más frío sería la variable que podría influir en la distribución geográfica potencial de *T. infestans*, limitando su distribución en las zonas más frías de la República Argentina.
- ❖ Las “especies silvestres” tuvieron en cierta medida una contribución significativa en la adecuabilidad climática de las variables relacionadas con las precipitaciones.

- ❖ Los cambios en la adecuabilidad climática siguen un patrón general indicando un incremento en los márgenes australes en las distribuciones de las 16 especies analizadas, mientras que se observa una marcada reducción en la región del noroeste de nuestro país.
- ❖ Las especies con mayor importancia epidemiológica (*T. guasayana*, *T. infestans*, *T. platensis* y *T. sordida*) incrementarían considerablemente sus distribución geográficas hacia diferentes regiones de nuestro país. De acuerdo a nuestros resultados, se podría concluir que los riesgos epidemiológicos en un futuro se mantendrían en las regiones altamente endémicas para la enfermedad de Chagas.
- ❖ Los vectores principales podrían evidenciar desplazamientos hacia las regiones más australes de sus distribuciones actuales, cambiando notablemente los mapas epidemiológicos de la República Argentina.

4.6 BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Abalos, J. (1958). Importancia epidemiológica del *Triatoma infestans* en Argentina. Boletín de la oficina sanitaria Panamericana, 37–40.
- ✓ Almeida Batista, T. y Gurgel-gonçalves, R. (2009). Ecological niche modelling and differentiation between *Rhodnius neglectus* Lent , 1954 and *Rhodnius nasutus* Stål , 1859 (Hemiptera : Reduviidae : Triatominae) in Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 104(8):1165–1170.
- ✓ Arboleda, S., Gorla, DE., Porcasi, X., Saldaña, A., Calzada, J. y Jaramillo, N. (2009). Development of a geographical distribution model of *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 using environmental data recorded by remote sensing. Inf Genet Evol 9:441-448.
- ✓ Arturi. M. (2005). Ecorregión Espinal. En: La Situación Ambiental Argentina 2005. Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J. (Eds.). Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 2006. Pp. 587.
- ✓ Atlas de los Bosques Nativos Argentinos. (2003). Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR, Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Pp.117.
- ✓ Azambuja, P y Garcia, ES. (1997). Care and maintenance of triatomine colonies. En: Molecular biology of insect disease vectors: a methods manual. Crampton, JM., Beard CB., Louis, C (Ed.). Chapman and Hall, London. Pp. 56–64.
- ✓ Bacigalupo, A., Torres-Pérez, F., Segovia, V., García, A., Correa, JP., Moreno, L., Arroyo, P y Cattán, PE. (2010). Sylvatic foci of the Chagas disease vector *Triatoma infestans* in Chile: description of a new focus and challenges for control programs. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 105:633–41.

- ✓ Bar, ME y Oscherov, EB. (2001). Detección de triatominos (Hemiptera: Reduviidae) en ambientes domésticos y extradomésticos. Corrientes, Argentina. Cad. Saude. Publica, Rio de Janeiro. 17(4):843–849.

- ✓ Bar, ME., Oscherov, EB., Damborsky, MP y Borda, M. (2010). Epidemiología de la tripanosomiasis americana en el norte de Corrientes. Medicina. 70:133-138.

- ✓ Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, SP., Peterson, AT., et al. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. Ecol Modell. 222(11):1810-1819.

- ✓ Block, WM y Brennan, LA. (1993). The habitat concept in ornithology: Theory and applications. En: D.M. Power (Ed.). Current Ornithology. Volume 11. Plenum Press, New York. Pp. 35-91.

- ✓ Botello, F., Sánchez-Cordero, V. y Ortega-Huerta, M. (2015). Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional (México). Revista Mexicana de Biodiversidad. 86:226–237.

- ✓ Brooks, DR. y Hoberg, EP. (2007). How will global climate change affect parasite–host assemblages?. Trends Parasitol. 23:571–574.

- ✓ Bucher, EH. y Schofield, CJ. (1981). Economic assault on Chagas disease. New Scientist. 29:321-325.

- ✓ Buitrago, R., Waleckx, E., Bosseno, MF., Zoveda, F., Vidaurre, P., Salas, R., Mamani, E., Noireau, F y Brenière, SF. (2010). First report of widespread wild

populations of *Triatoma infestans* (Reduviidae:Triatominae) in the valleys of La Paz, Bolivia. The American journal of tropical medicine and hygiene. 82:574-9.

- ✓ Burkart, R., Bárbaro, N., Sánchez, O. y Gómez, DA. (1999). Eco-Regiones de la Argentina. Pp. 1–21.
- ✓ Cabrera, AL. (1953). Esquema fitogeográfico de la República Argentina. Revista del Museo de la ciudad Eva Perón. Botánica. 8:87–168.
- ✓ Cabrera, AL. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. En: Kugler, WF. (Ed.), Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. II, ACME, Buenos Aires. Pp. 1–85.
- ✓ Cabrera, AL. y Willink, A. (1973). Biogeografía de América Latina. Monografía 13, Serie de Biología, OEA, Washington, D.C. Pp. 120.
- ✓ Champion, GC. (1899). Biologia Centrali-Americana. En: Insecta Rhynchota. Hemiptera-Heteroptera. London. (2). Pp 416.
- ✓ Caminade, C., Medlock, JM., Ducheyne, E., McIntyre, KM., Leach, S., Baylis, M. y Morse, AP. (2013). Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. J R Soc Interface. 9:2708–2717.
- ✓ Campbell, A., Frazer, BD., Gilbert, N., Gutierrez, AP., y Mackauer, M. (1974). Temperature requirements of some aphids and their parasites. Journal of Applied Entomology. 11:431– 438.
- ✓ Canale, D., Cecere, C., Huit, R y Gürtler, R. (2000). Peridomestic distribution of *Triatoma garciabesi* and *Triatoma guasayana* in north-west Argentina. Medical and veterinary entomology. 14:383-390.

- ✓ Carbajal de la Fuente, AL. Porcasi, X. Noireau, F, Diotaiuti, L. y Gorla, DE. (2009). The association between the geographic distribution of *Triatoma pseudomaculata* and *Triatoma wygodzinskyi* (Hemiptera: Reduviidae) with environmental variables recorded by remote sensors. *Infection, Genetics and Evolution* 9: 54-61.

- ✓ Carcavallo, R., Curto de Casas, S., GalíndezGiron, I., Jurberg, J y Mena Segura, C. (1995). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion of genera and species of the tribes alberproseniini, bolboderini and cavernicolini (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Entomologia y vectores*. 2:127-144.

- ✓ Carcavallo, RU y Martínez, A. (1985). Biología, ecología y distribución geográfica de los triatominos americanos (excepto *R. prolixus*, *P. megistus*, *T. dimidiata* y *T. infestans*). En Factores Biológicos y Ecológicos en la Enfermedad de Chagas. Tomo I. Centro Panamericano de Ecología Humana y salud (OMS). Servicio Nacional de Chagas. Ministerio de Salud y Acción Social. Carvallo, RU., Rabinovich, JE y Tonn, RJ (Ed.). República Argentina. Pp.149-208.

- ✓ Carcavallo, RU. (1999). Climatic factors related to Chagas disease transmission. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 94 (I):367- 369.

- ✓ Carcavallo, RU., GalíndezGiron, I., Juberg, J y Lent, H. (1999). Of Chagas' Disease Vectors in the Americas. Volumen I, II y III (Ed.). Fiocruz Rio de Janeiro, Brasil. Pp.1217.

- ✓ Catalá, S., Mendonça Bezerra, C. y Diotaiuti, L. (2015). Thermal preferences and limits of *Triatoma brasiliensis* in its natural environment - Field observations while host searching. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 110(6): 793-796.

- ✓ Ceballos, LA., Piccinali, RV., Berkunsky, I., Kitron, U y Gürtler, RE. (2009). First finding of melanic sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera:Reduviidae) colonies in the Argentine Chaco. J. Med. Entomol. 46:1195-1202.

- ✓ Ceballos, LA., Piccinali, RV., Marcet, PL., Vazquez-Prokopec, GM., Cardinal, MV., Schachter-Broide, J., Dujardin, JP., Dotson, E., Kitron, U y Gürtler, RE. (2011). Hidden sylvatic foci of the main vector of Chagas disease *Triatoma infestans*: threats to the vector elimination campaign? PLoS neglected tropical diseases. 5:1365.

- ✓ Ceccarelli, S., Balsalobre, A., Susevich, ML., Echeverria, MG., Gorla, DE., y Marti, GA. (2015). Modelling the potential geographic distribution of triatomines infected by Triatoma virus in the southern cone of South America. Parasites & vectors. 8:153.

- ✓ Cecere, M., Gürtler, R., Canale, D., Chuit, R y Cohen, J. (2002). Effects of partial housing improvement and insecticide spraying on the reinfestation dynamics of *Triatoma infestans* in rural northwestern Argentina. Acta Tropica. 84:101-116. doi:10.1016/S0001-706X(02)00183-3

- ✓ Cecere, MC., Gürtler, RE., Chuit, R. y Cohen, JE. (1998). Factors limiting the domestic density of *Triatoma infestans* in north-west Argentina: a longitudinal study. Bulletin of the World Health Organization. 76:373–384.

- ✓ Cecere, MC., Vazquez-Prokopec, GM., Gürtler, RE y Kitron, U. (2004). Spatio-temporal analysis of reinfestation by *Triatoma infestans* (Hemiptera:Reduviidae) following insecticide spraying in a rural community in northwestern Argentina. The American journal of tropical medicine and hygiene. 71:803-10.

- ✓ Cecere, MC., Vazquez-Prokopec, GM., Gürtler, RE, y Kitron, U. (2004). Spatio-temporal analysis of reinfestation by *Triatoma infestans* (Hemiptera:

Reduviidae) following insecticide spraying in a rural community in northwestern Argentina. The American journal of tropical medicine and hygiene. 71:803-10.

- ✓ Cecere, MC., Leporace, M., Fernández, MP., Zárate, J., Moreno, C., Gürtler, R y Cardinal, M. (2016). Host-Feeding Sources and Infection with *Trypanosoma cruzi* of *Triatoma infestans* and *Triatoma eratusiformis* (Hemiptera: Reduviidae) from the Calchaqui Valleys in Northwestern Argentina. (publicación on line) doi.org/10.1093/jme/tjw002.
- ✓ Chagas, C. (1911). Nova entidade morbida do homem, resumo geral de estudos etiologicos e clínicos. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 3:219-275.
- ✓ Chuit, R., Paulone, I., Wisnivesky-Colli, C., Bo, R., Pérez, AC., Sosa-Stani, S., et al. (1992). Result of a first step toward community-based surveillance of transmission of Chagas' disease with appropriate technology in rural areas. Am J Trop Med Hyg. 46:444-450.
- ✓ Cortez, MR., Azambuja, P., Brasileiro, C., Garcia, ES y Salabert, M. (2007). Fisiología de triatomíneos y su relación con el desarrollo de *Trypanosoma cruzi*. En: Triatomíneos de Bolivia y la Enfermedad de Chagas. Ministerio de salud y deportes. Unidad de Epidemiología. Programa Nacional de Chagas. Ministerio de Salud y Deportes. Mirko Rojas Cortes (Ed.). Bolivia. Pp. 25-44.
- ✓ Costa, J., Peterson, AT. y Beard, CB. (2002). Ecologic niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important Chagas' disease vector in Northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). Am J Trop Med Hyg. 67: 516-520.
- ✓ Cuervo-Robayo, AP. y Monroy-Vilchis, O. (2012). Potential distribution of jaguar, *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) in Guerrero, Mexico persistence of areas for its conservation. Revista de Biología Tropical. 60:1357–1367.

- ✓ Curto de Casas, S., Carcavallo, RU., Mena Segura, C. y Galíndez-Giron, I. (1994). Bioclimatic factors of Triatominae distribution. Useful techniques for studies on climatic change (1). *Entomolo.* 1:51-67.

- ✓ Curto de Casas, S., Carcavallo, RU., GalíndezGiron, I., Jurberg, J y Mena Segura, C. (1996). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion of *Panstrongylus* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae, Triatomini). *Entomologia y vectores.* 3:43-58.

- ✓ Damborsky, M., Bar, ME. y Oscherov, EB. (2001). Detección de triatominos (Hemiptera: Reduviidae) en ambientes domésticos y extradomésticos. Corrientes, Argentina. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro.* 17(4):843–849.

- ✓ Dawson, RD., Hillen, KK y Whitworth, TL. (2005). Effects of experimental variation in temperature on larval densities of parasitic Protocalliphora (Diptera: Calliphoridae) in nests of tree swallows (Passeriformes: Hirudinidae). *Environmental Entomology.* 34:563-568.

- ✓ de la Vega, G., Medone, P., Ceccarelli, S., Rabinovich, J y Schilmann, P. (2015). Geographical distribution, climatic variability and thermotolerance of Chagas disease vectors. *Ecography.* 38:1-10.

- ✓ De Lana, M y Tafuri, W. (2005). *Tripanosoma cruzi* e Doença de Chagas. In. Neves (Ed.), *Parasitología Humana* (11 ° edición). Atheneu, San Pablo, Pp. 85.

- ✓ Delgado, MP., Traba, J., Garcia de la Morena, EL., y Morales, MB. (2010). Habitat Selection and Density-Dependent Relationships in Spatial Occupancy by Male Little Bustards *Tetrax tetrax*. *Ardea.* 98:185-194.
doi:10.5253/078.098.0208.

- ✓ Días, JCP. (1995). Historia natural da doença de Chagas. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 65:359-366.

- ✓ Dinerstein, E., Olson, DM., Graham, DJ., Webster, AL., Primm, SA., Bookbinder, MP. y Ledec, G. (1995). A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank, Washington, D.C. Pp. 129.

- ✓ Diniz-Filho, JAF., Ceccarelli, S., Hasperué, W. y Rabinovich, J. (2013). Geographical patterns of Triatominae (Heteroptera: Reduviidae) richness and distribution in the Western Hemisphere. *Insect Conserv Divers* doi: 10.1111/icad.12025.

- ✓ Dixon, AFG., Honek, A., Keil, P., Kotela, MAA., Sizling, AL., y Jarosik V (2009). Relationship between the minimum and maximum temperature thresholds for development in insects. *Functional Ecology*. 23:257-264.

- ✓ Dujardin, JP., Beard, CB y Ryckman, R. (2007). The relevance of wing geometry in entomological surveillance of Triatominae, vectors of Chagas disease. *Infection, genetics and evolution: journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*. 7:161-7. doi:10.1016/j.meegid.2006.07.005.

- ✓ Dunning, JJr., Stewart, BJ., Danielson, BJ., Root, TL., Lamberson, RH y Stevens, E. (1995). Spatially explicit population models: current forms and future uses. *Ecological Applications*. 5:3-11.

- ✓ Edwards, J W., Guynn, JR y Lennartz, MR. (1989). Habitat use by southern fox squirrels in coastal South Carolina. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Fish and Wild life Agencies*. 43:337-345.

- ✓ Eisen, RJ. y Eisen, L. (2008). Spatial modelling of human risk of exposure to vector borne pathogens based on epidemiological versus arthropod vector data. *J Med Entomol.* 45:181–192.

- ✓ Escalante, T. Rodríguez-Tapia, G. Linaje, M. Illoldi-Rangel, P. y González-López, R. (2013). Identification of areas of endemism from species distribution models: threshold selection and nearctic mammals. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 16(1):5–17.

- ✓ Fielding, A. y Bell, J. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conserv.* 24:38–49.

- ✓ Franklin, J., Wejnert, KE., Hathaway, SA., Rochester, CJ. y Fisher, RN. (2009). Effect of species rarity on the accuracy of species distribution models for reptiles and amphibians in southern California. *Divers Distrib.* 15:167–77.

- ✓ Fretwell, SD y Lucas, JR. (1970). On territorial behavior and other factors in influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretical.* 19:16-36.

- ✓ Gage, KL., Burkot, TR., Eisen, RJ. y Hayes, EB. (2008). Climate and vector borne disease. *Am J Prev Med.* 35:436–450.

- ✓ Gajate, P., Bottazzi, MV., Pietrokovsky, SM y Wisnivesky-Colli, C. (1996). Potential colonization of the peridomicile by *Triatoma guasayana* (Hemiptera:Reduviidae) in Santiago del Estero, Argentina. *Journal of Medical Entomology.* 33:635-639.

- ✓ Gajate, P., Bottazzi, MV., Pietrokovsky, SM., Schweigmann, NJ., Petersen, R y Wisnivesky-Colli, C. (1995). Fuentes de alimentación de *Triatoma infestans*, *Triatoma guasayana* y *Triatoma sordida* del peridomicilio de Trinidad, Santiago

del Estero. XII Congreso Latinoamericano de Parasitología. Santiago, Chile. Parasitología al Día. Número extraordinario. 19:233.

- ✓ Galvão, C. (2003). A Sistemática dos Triatomíneos (Hemiptera, Reduviidae), de DeGeer ao DNA. Entomol. y Vectores. 10:511–530.
- ✓ Galvão, C y Gurgel-Gonçalves, R. (2014). Vetores conhecidos no Brasil. In: Galvão, C.,org. Vetores da doença de chagas no Brasil [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação series. Pp. 88-170.
- ✓ Galvão, C.y Justi, SA. (2015). An overview on the ecology of Triatominae (Hemiptera:Reduviidae). Acta Tropica. (publicación on line). doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.06.006.
- ✓ Garza, M., Feria Arroyo, TP., Casillas, EA., Sanchez-Cordero, V., Rivaldi, CL. y Sarkar, S. (2014). Projected Future Distributions of Vectors of *Trypanosoma cruzi* in North America under Climate Change Scenarios. PLoSNegl Trop Dis. 8(5): e2818.doi:10.1371/journal.pntd.0002818.
- ✓ Gascón, J., Albajar, P., Cañas, E., Flores, M., Gómez, I., Prat, J., Herrera, RN., Lafuente, CA., Luciardi, HL., Moncayo, Á., Molina, L., Muñoz, J., Puente, S., Sanz, G., Treviño, B. y Sergio-Salles, X. (2007). Diagnóstico, manejo y tratamiento de la cardiopatía chagásica crónica en áreas donde la infección por *Trypanosoma cruzi* no es endémica. Grupo de Trabajo del II Taller “Enfermedad de Chagas importada, un nuevo reto de Salud Pública”. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina Tropical y Salud Internacional (SEMTSI). Revista Española de Cardiología. 60(3):285-93.
- ✓ Gaspe, MS., Provecho, YM., Cardinal, MV., del Pilar Fernández, M. y Gürtler, RE. (2015) Ecological and Sociodemographic Determinants of House

Infestation by *Triatoma infestans* in Indigenous Communities of the Argentine Chaco. PLoS Negl Trop Dis. 9(3):e0003614.

- ✓ Gaunt, M y Miles, M. (2000). The ecotopes and evolution of triatomine bugs (triatominae) and their associated trypanosomes. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 95:557-565.
- ✓ Geiger, R., Aron, RH yTodhunter, P. (2009). The Climate Near the Ground. En: Rowman & Littlefield (ED.). Lanham, MD.
- ✓ Githeko, AK., Lindsay, SW., Confalonieri, UE. Y Patz, JA. (2000). Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. Bull World Health Organ. 78:1136–1147.
- ✓ Gorla, DE. (2002). Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). Ecología Austral. 12:117–127.
- ✓ Grimaldi, D y Engel, MS. (2005). Evolution of the insects. Cambridge University Press, New York, USA, Pp. 772.
- ✓ Guhl, F. (2007). Chagas disease in Andean countries. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 102:29-38.
- ✓ Guhl, F. (2009). Enfermedad de Chagas: realidad y perspectivas. Rev Biomed. 20:228-234.
- ✓ Gurgel-Gonçalves, R. y Cuba, CAC. (2009). Predicting the potential geographical distribution of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera: Reduviidae) based on ecological niche modeling. J Med Entomol. 46:952-960.

- ✓ Gurgel-Gonçalves, R., Galvão, C., Costa, J. y Peterson, AT. (2012). Geographic distribution of chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modeling. *J. Trop. Med.* 2012:705326.

- ✓ Gürtler, R. (1999). Monitoreo poblacional de *Triatoma infestans* durante la fase de vigilancia en una comunidad rural del noroeste argentino. *Medicina.* 59:47-54.

- ✓ Gürtler, RE. (2009). Sustainability of vector control strategies in the Gran Chaco Region: current challenges and possible approaches. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 104:52-9.

- ✓ Gürtler, RE., Cecere, MC., Rubel, DN. y Schweigmann, NJ. (1992). Determinants of the domiciliary density of *Triatoma infestans*, vector of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology.* 6:75–83.

- ✓ Hashimoto, K y Schofield, CJ. (2012). Elimination of *Rhodnius prolixus* in Central America. *Parasit. Vectors.* 5:45.

- ✓ Hayes, R y Schofield, C. (1990). Estimación de las tasas de incidencia de infecciones y parasitosis crónicas a partir de la prevalencia : la enfermedad de Chagas en América Latina. *Bol of Saint Panam.* 108:308-316.

- ✓ Heger, TJ., Guerin, PM y Eugster, W. (2006). Microclimatic factors influencing refugium suitability for *Rhodnius prolixus*. *Physiological Entomology.* 31:248-256. doi:10.1111/j.1365-3032.2006.00514.x.

- ✓ Helmuth, B., Kingsolver, JG y Carrington, E. (2005). Biophysics, physiological ecology and climate change: does mechanism matter?. *Annual Review of Physiology.* 67:177-201.

- ✓ Hijmans, RJ., Cameron, SE., Parra, JL., Jones, PG. y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25:1965–1978.

- ✓ Hutto, RL. (1985). Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds. En: Cody ML (Ed.) *Habitat selection in birds*: Academic Press, New York. Pp. 455-476.

- ✓ IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team: Pachauri, RK y Reisinger, A. (Ed.). IPCC, Geneva, Switzerland, 104 Pp.

- ✓ IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. En: Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.). *Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza*. Pp 34.

- ✓ Jarosík, V., Honek, A., y Dixon, AFG. (2002). Developmental rate isomorphy in insects and mites. *American Naturalist*. 160:497-510.

- ✓ Jarosík, V., Kratochvíl, L., Honek, A., y Dixon, AFG. (2004). A general rule for the dependence of developmental rate on temperature in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society London B. (Supplementum)*. 271:S219-S221.

- ✓ Jiménez-Valverde, A. y Lobo, JM. (2007). Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either – or presence – absence. *Acta Oecol.* 31:361–369.

- ✓ Johnson, DH. (1980). The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*. 61:65-71.

- ✓ Jones, CD., Hughes, JK., Bellouin, N., Hardiman, SC., Jones, GS., Knight, J., Liddicoat, S., O'Connor, FM., Andres, RJ., Bell, C., Boo, KO., Bozzo, A. et al. (2011). The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geosci. Model Dev*. 4:543-570.

- ✓ Jörg, M. (1989). Área termoclimática desfavorable para el desarrollo de la vinchuca *Triatoma infestans* en el sudeste en la provincia de Buenos Aires. *Bol. A. N. de Medicina*. 67:381-398.

- ✓ Jurberg, J y Galvão, C. (2006). Biology, ecology, and systematics of Triatominae (Heteroptera:Reduviidae), vectors of Chagas disease, and implications for human health. *Festschrift zum 70.Geburtstag von Ernst Heiss.Denisia 19, zugleichKatalogue der OÖ. Landesmuseen Neue Serie* 50(19): 1095-1116.

- ✓ Kearney, MR., Isaac, AP. y Porter, WP. (2014). microclim: Global estimates of hourly microclimate based on long-term monthly climate averages. *Sci. Data*. 1: 14006

- ✓ Knierim, F., Castro, M., Villarroel, F. y Schenone, H. (1976). Estudio preliminar sobre la fuente de alimentación de *Triatoma infestans* y *Triatoma spinolai* mediante la reacción de doble difusión en gel. *Bol ChilParasitol*. 31:33-35.

- ✓ Krebs, JR y Davies, NB. (1993). An introduction to behavioural ecology. Blackwell Scientific. Oxford.

- ✓ Lauricella, MA., Stariolo, RL., Riarte, AR., Segura, E y Gürtler, R. (2011). Distribution and pathogenicity of *Trypanosoma cruzi* isolated from peridomestic populations of *Triatoma infestans* and *Triatoma guasayana* from rural western Argentina. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 100:123-129.

- ✓ Lazzari, CR. (1991). Temperature preference in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). Bull. entomol. Res. 81:273-276.

- ✓ Lazzari, CR. (1991). Temperature preference in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). Bulletin of Entomological Research. 81:273-276.

- ✓ Lazzari, CR. (1992). Circadian organization of locomotion activity in the haematophagous bug *Triatoma infestans*. J Insect Physiol. 38:895-903.

- ✓ Lent, H. y Wygodzinsky, P. (1979). Revision of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas Diseases. Bull. American Museum of Natural History. 163:123-520.

- ✓ Lewis, JP. y Collantes, MB. (1973). El Espinal Periestépico. Ciencia & Investigación. 29: 360-377.

- ✓ Linnea, S., Hall, P., Krausman, R y Morrison, L. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. Wildlife Society Bulletin. 25:173-182.

- ✓ Liu, C., Berry, PM., Dawson, TP. y Pearson, RG. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. Ecography. 28:385–393.

- ✓ Lobo, JM., Jiménez-Valverde, A. y Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. Glob Ecol Biogeogr. 17:145–51.

- ✓ Loiselle, BA., Howell, CA., Graham, C. H., Goerck, JM., Brooks, T., Smith, KG. y Williams, PH. (2003). Avoiding pitfalls of species distribution models in conservation planning. *Conserv. Biol.* 17:1591–1600.

- ✓ López-Cárdenas, J., González-Bravo, FE., Salazar-Schettino, PM., Gallaga-Solorzano, JC., Ramírez-Barba, E., Martínez-Mendez, J., Sánchez-Cordero, V., Peterson, AT. y Ramsey, JM. (2005). Fine-scale predictions of distributions of Chagas disease vectors in the state of Guanajuato, Mexico. *J MedEntomol.* 42:1068-1081.

- ✓ Lorca, MH. (2001). La enfermedad de Chagas congénita, transfusional y otras vías en el contexto de la interrupción de la transmisión vectorial. Grupo de Trabajo OPS. En: *Enfermedad de Chagas*. Montevideo, Uruguay. Pp 1-4.

- ✓ Lorenzo, MG. y Lazzari, CR. (1999). Temperature and relative humidity affect the choice for refuges by *Triatoma infestans* Klug (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Tropica.* 72:241-249.

- ✓ Lorenzo, MG., Guarneri, A., Pires, H., Diotaiuti, L., y Lazzari, CR. (2000). Aspectos microclimáticos del hábitat de *Triatoma brasiliensis*. *Cadernos de saúde pública.* 16:69-74.

- ✓ Luz, C., Fargues, J. y Grunewald, J. (1999). Development of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) under constant and cyclic conditions of temperature and humidity. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 94(3):403–9.

- ✓ Marshall, AG. (1981). *The Ecology of Ectoparasitic Insects*. Academic Press, London, UK.

- ✓ Marshall, KE y Sinclair, BJ. (2012). The impacts of repeated cold exposures of insects. *The Journal of experimental Biology.* 215:1607-1613.3

- ✓ Martella, MB., Navarro, JL. y Bucher, EH. (1985). Vertebrados asociados a los nidos de cotorra (*Myiopsittamonachus*) en Córdoba y La Rioja. *Physis*, C. 43:49–51.

- ✓ Marti, GA., Balsalobre, A., Susevich, ML., Rabinovich, JE y Echeverría, MG. (2015). Detection of triatomine infection by *Triatoma* virus and horizontal transmission: protecting insectaries and prospects for biological control. *Journal of invertebrate pathology*. 124:57-60. doi:10.1016/j.jip.2014.10.008.

- ✓ Marti, GA., Echeverria, MG., Waleckx, E., Susevich, ML., Balsalobre, A. y Gorla, DE. (2014). Triatominae in furnariid nests of the Argentine Gran Chaco. *Journal of Vector Ecology*, 39(1):66–71.

- ✓ Martin, GM., Bellouin, N., Collins, WJ., Culverwell, ID., Halloran, PR., Hardiman, SC., Hinton, TJ., Jones, CD., McDonald, RE., McLaren, AJ., O'Connor, FM., Roberts, MJ., Rodriguez, JM., Woodward, S., Best, MJ., Brooks, M. E. et al (2011). The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations, *Geosci. Model Dev*. 4:723-757.

- ✓ Medone, P., Ceccarelli, S., Parham, PE., Figuera, A. y Rabinovich JE. (2015). The impact of climate change on the geographical distribution of two vectors of Chagas disease: implications for the force of infection. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20130560.

- ✓ Merow, C., Smith, MJ. y Silander, Jr JA. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36: 41-91.

- ✓ Ministerio de Salud de la Nación. (2012). Guía para la atención del paciente infectado con *Trypanosoma cruzi* (Enfermedad de Chagas). Programa Nacional de Chagas. Resolución Ministerial N° 1337/14.

- ✓ Ministerio de Salud de la Nación. (2015). Programa Nacional de Chagas. <http://www.msal.gob.ar/chagas/index.php>.

- ✓ Mirski, T., Bartoszcze, M. y Bielawska-Dròzd, A. (2012). Impact of climate change on infectious diseases. *Pol J Environ Stud.* 3:525–532.

- ✓ Morris, DW. (1987). Spatial scale and the cost of density-dependent habitat selection. *Evol. Ecol.* 1:379-388.

- ✓ Morrison, ML., Marcot, BG y Mannan, RW. (1992). *Wildlife-Habitat Relationships: Concepts and Applications*. Univ. of Wisconsin Press, Madison. EE.UU.

- ✓ Morrone, JJ. (2000). What is the Chacoan subregion? *Neotropica.* 46:51–68.

- ✓ Morrone, JJ. (2001). *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. Vol. 3. M&T-Manuales & Tesis SEA, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. Pp. 148.

- ✓ Morrone, JJ. (2014). Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa.* 3782(1):1–110.

- ✓ Morueta-Holme, N., Fløjgaard, C. y Svenning, JC. (2010). Climate Change Risks and Conservation Implications for a Threatened Small-Range Mammal Species. *PLoS ONE.* 5(4):e10360.

- ✓ Nenzén, HK. y Araújo, MB. (2011). Choice of threshold alters projections of species range shifts under climate change. *Ecological Modelling*. 222:3346–3354.

- ✓ Noetinger, S., Barberis, IM., Prado, DE. y Lewis, JP. (2004). “Relictos de bosques en el centro-este de la provincia de Córdoba (Argentina)”. XXI Reunión Argentina de Ecología. Pp 11.

- ✓ Noireau, F. (2009). Wild *Triatoma infestans*, a potential threat that needs to be monitored. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 104:60-4.

- ✓ Noireau, F., Flores, R y Vargas, F. (1999). Trapping sylvatic Triatominae (Reduviidae) in hollow trees. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 93:13-14.

- ✓ Noireau, F., Flores, R., Gutierrez., Abad-Franch, F., Flores, E y Vargas, F. (2000). Natural ecotopes of *Triatoma* in the Bolivian Chaco *T. infestans* dark morph and other sylvatic triatomines in the Bolivian Chaco. *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*. 94:23-27.

- ✓ Nuñez, MN. (2007). Desafíos del Cambio Climático y Global en Argentina. Primeras Jornadas Interdisciplinarias de la Universidad de Buenos Aires sobre Cambio Climático. Buenos Aires, EUDEBA. 2009. Pp 20-22.

- ✓ Nuñez, MN., Solman, SA y Cabré, MF. (2008). Regional climate change experiments over southern South America. II: Climate change scenarios in the late twenty-first century. *Climate Dynamics*. 32:081-1095. doi:10.1007/s00382-008-0449-8.

- ✓ Oatway, ML y Morris, DW. (2007). Do animals select habitat at small or large scales? An experiment with meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). Canadian Journal of Zoology. 85:479-487.
- ✓ O'Donnell, MS. y Ignizio, DA. (2012). Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. U. S. Geological Survey Data Series. 691:1-10.
- ✓ OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2006). Estimación cuantitativa de la enfermedad de Chagas en las Américas. Org. Pan. Salud, OPS/.HDM/CD/425-06.
- ✓ Oscherov, EB., Bar, ME., Damborsky, MP., Milano, A., Avalos, G. y Borda, M. (2003). Epidemiología de la enfermedad de Chagas, Departamento General Paz, Argentina. RevSaúde Pública. 37(1):59–64.
- ✓ Paulone, I., Chuit, R., Pérez, AC., Canale, D. y Segura, EL. (1991). The status of transmission of *Trypanosoma cruzi* in an endemic area of Argentina prior to control attempts. Ann Trop Med Parasitol. 85:489-97.
- ✓ Peck, T. (2009). The disease that's ravaging Latin America.CNN, Internet Edition, June 10, 2009.
<http://edition.cnn.com/2009/HEALTH/06/10/chagas.bolivia.deadly/>.
- ✓ Peterson, AT. (2006). Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. EmergInfectiDis. 12:1822–1826.
- ✓ Phillips, SJ., Anderson, RP. y Schapire, RE. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Modell. 190:231–259.

- ✓ Phillips, S.J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C.H., Lehmann, A., Leathwick J. y Ferrier, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecol Appl.* 19:181–97.

- ✓ Pifano, F. (1973). La epidemiología de la enfermedad de Chagas en Venezuela. *Archivos Venezolanos de Medicina Tropical y Parasitología Médica.* 5:171-183.

- ✓ Prata, A. (2001). Clinical and epidemiological aspects of Chagas disease. *The Lancet Infectious Diseases.* 1(2):92-100.

- ✓ Provecho, Y.M., Gaspe, M.S., Fernández, M.P., Enriquez, G.F., Weinberg, D. y Gürtler, R.E. (2014). The peri-urban interface and house infestation with *Triatoma infestans* in the Argentine Chaco: an underreported process? *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 109: 923–934.

- ✓ Rabinovich, J. (1973). Informe inédito de la Reunión de Planificación de la Unidad para el estudio de los vectores de la enfermedad de Chagas, OMS, Maracay-Acarigua, Venezuela.

- ✓ Rabinovich, J.E. (1985). Ecología Poblacional de los Triatominos. EN: Carcavallo, R., Rabinovich, J.E y Tonn, R. (Ed.): "Factores Biológicos y Ecológicos en la Enfermedad de Chagas". Tomo I: Epidemiología - Vectores. Número Especial de la Revista CHAGAS. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (México), OPS, Washington y Servicio Nacional de Chagas, Ministerio de Salud y Acción Social, Arg. Pp.121-147.

- ✓ Rabinovich, J.E., Kitron, U.D., Obed, Y., Yoshioka, M., Gottdenker, N. y Chaves, L.F. (2011). Ecological patterns of blood-feeding by kissing-bugs (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 106(4):479–94.

- ✓ Rabinovich, JE., Pietrokovsky, S y Wisnivesky-Colli, C. (2006). Temperature and Development Rate of *Triatoma guasayana* (Hemiptera: Reduviidae) Eggs under Laboratory Conditions: physiological and adaptive aspects. *Physiological Entomology*. 31:361-370.

- ✓ Rassi, AJr., Rassi, A y Marin-Neto, JA. (2010). Chagas Disease. *The Lancet*. 375: 1388-402.

- ✓ Reitz, SR. y Trumble, JT. (2002). Competitive displacement among insects and arachnids. *Annu Rev Entomol*. 47:435–465.

- ✓ Roca, M. y Lazzari, CR. (1994). Effects of the relative humidity on the haematophagous bug *Triatoma infestans*. Higr preference and eclosion success. *Journal of Insect Physiology*. 40:901-907.

- ✓ Rodriguero, MS. y Gorla, DE. (2004). Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). *Global Ecol Biogeogr* 13:75-84.

- ✓ Rodrigues Coura, J., Veríssimo Junqueira, A., Carvalho Moreira, C y Borges Pereira, JAVP. (2007). Uma visão sistêmica da endemia chagásica. En: Silveira AC (Ed.), *La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*. Buenos Aires. Pp. 25-35.

- ✓ Rojas de Arias, A. (2007). Manejo de las vías alternativas de transmisión .En: Silveira AC (Ed.), *La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*. Buenos Aires. Pp. 179-186.

- ✓ Rolón, M., Vega, MC., Román, F., Gómez, A y Rojas de Arias, A. (2011). First report of colonies of sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera:Reduviidae) in the

Paraguayan Chaco, using a trained dog. PLoS neglected tropical diseases. 5:1026. doi:10.1371/journal.pntd.0001026.

- ✓ Ronderos, R., Schnack, J., Ghilini, J. y Spinelli, G. (1981). Estudio ecológico sobre una población domiciliaria de *Triatoma infestans* Klug de la provincia biogeográfica Chaqueña. Ecosur. 8(15):1–24.
- ✓ Rosa, R y Salvatella, R. (1995). Diagnóstico de situación epidemiológica actual de la enfermedad de Chagas en Uruguay. Boletín de la Sociedad de Zoología de Uruguay. 9:6-11.
- ✓ Salomón, OD., Ripoll, CM., Rivetti, E. y Carcavallo, R U. (1999). Presence of *Panstrongylus rufotuberculatus* (Champion , 1899) (Hemiptera : Reduviidae : Triatominae) in Argentina. Mem Inst Oswaldo Cruz. 94(3):285–288.
- ✓ Salvatella, R., Calegari, L., Lowinger, M., Basmadiján, Y., Rosa, R., Mendaro, G. y Civila, E. (1991). *Triatoma rubrovaria* (Hemiptera , Triatominae) y su papel como vector secundario del ciclo domiciliar de Trypanosoma cruzi en Uruguay. Rev Méd Uruguay, 7:45–50.
- ✓ Sanmartino, M., Amieva Nefa, S., Balsalobre, A., Carrillo, C., Marti, G., Mordegli, C., Reche, V y Scazzola, S. (2015). Hablamos de Chagas aportes para (re)pensar la problemática con una mirada integral. En: CONICET(Ed.). Buenos Aires, Argentina. Pp. 154.
- ✓ Scherrer, D y Korner, C (2011). Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. Journal of Biogeography. 38:406-416.

- ✓ Scherrer, D y Korner, C. (2010). Infra-red thermometry of alpine landscapes challenges climatic warming projections. *Global Change Biology*. 16:2602-2613.

- ✓ Schofield, CJ y Galvão, C. (2009). Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Trop*. 110:88-100.

- ✓ Schofield, CJ. (1994). Triatominae Biology and Control. Euro communica Publications, West Sussex. Pp. 49-50.

- ✓ Segura EL, Esquivel ML, Salomon O, Gómez AO, Sosa Estani S, Luna CA, et al. (1994). Community participation in the National Program for Transmission Control of Chagas Disease. *Medicina*. Buenos Aires. 54:610-1.

- ✓ Segura, E. L, Cura, E. N, Sosa Estani, S. A, Andrade, J, Lansetti, J. C, De Rissio, A. M, Campanini, A, Blanco, S. B, Gürtler, R. E. y Alvarez, M. (2000). Long-term effects of a nationwide control program on the seropositivity for *Trypanosoma cruzi* infection in young men from Argentina. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 62:353-362.

- ✓ Sexton, JP., McIntyre, PJ., Angert, AL. y Rice, KJ. (2009). Evolution and ecology of species range limits. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*. 40, 415–436.

- ✓ Silva, IG. (1985). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. I. *Triatoma rubrovaria* (BLANCHARD 1843) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med*. 31:1-37.

- ✓ Silva, IG. (1989). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. XII - *Triatoma platensis* NEIVA 1913 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop*. 18:15-18.

- ✓ Silva, IG. y Silva, HHG (1988). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. IV. *Triatoma infestans* (KLUG 1834) (Hemiptera: Reduviidae). An. Soc. ent. Brasil. 17: 443-454.

- ✓ Silva, IG. y Silva, HHG. (1993). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. III. *Panstrongylus megistus* (BURMEISTER 1835) (Hemiptera, Reduviidae). Rev. bras. Ent. 37:489-496.

- ✓ Stemp, IC. (1988). An investigation into the temperature dependence of *Triatoma infestans*. Thesis, Diploma in Mathematical Statistics, University of Cambridge.

- ✓ Stockwell, DRB. y Peterson, AT. (2002). Effects of sample size on accuracy of species distribution models. Ecol Modell. 148:1–13.

- ✓ Storino, R. (2010). Chagas en el siglo XXI La enfermedad olvidada. Akadia (Ed.) .Buenos Aires. Pp. 293.

- ✓ Sutherst, RW. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. ClinMicrobiolRev. 17:136–173.

- ✓ Tabachnick, WJ. (2009). Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistystems in a changing world. J Exp Biol. 213:946–954.

- ✓ Terblanche, JS., Klok, CJ., Krafur, ES y Chown, SL. (2006). Phenotypic plasticity and geographic variation in thermal tolerance and water loss of the tsetse *Glossina pallidipes* (Diptera: Glossinidae): implications for distribution modelling. Am. J. Trop. Med. Hyg. 74:786-794.

- ✓ Terribile, LC., Diniz-Filho, JAF. y De Marco, JRP. (2010). How many studies are necessary to compare niche-based models for geographic distributions? Inductive reasoning may fail at the end. *Brazilian J Biol.* 70(2):263–9.

- ✓ The Nature Conservancy (TNC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdel Chaco) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005. Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano / Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina. Pp. 24.

- ✓ Tinoco, BA., Astudillo, PX., Latta, SC. y Graham, CH. (2009). Distribution, ecology and conservation of an endangered Andean hummingbird: the Violetthroated Metaltail (*Metallura baroni*). *Bird Conservation International.* 19:63-76.

- ✓ Toranzos, LB. (1944). La infestación del *Triatoma* (*Eutriatoma*) *rubrovaria* por el *Schizotrypanum cruzi*. Su comprobación en la República Argentina. *An. Inst. Med. Reg. Tucumán.* 1(1):105-116.

- ✓ Traba, J., Acebes, P., Campos, V y Giannoni, SM. (2009). Habitat selection by two sympatric rodent species in the Monte desert, Argentina. First data for *Eligmodontia moreni* and *Octomys mimax*. *Journal of Arid Environments.* 74:179-185.

- ✓ Tsoar, A., Allouche, O., Steinitz, O., Rotem, D. y Kadmon, RA. (2007). Comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Divers Distrib.* 13:397–405.

- ✓ van der Have, TM. (2002). A proximate model for thermal tolerance in ectotherms. *Oikos.* 98:141-155.

- ✓ Vazquez-Prokopec, GM., Ceballos, LA, Cecere, MC y Gürtler, RE. (2002). Seasonal variations of microclimatic conditions in domestic and peridomestic habitats of *Triatoma infestans* in rural northwest Argentina. *Acta tropica*. 84:229-38.

- ✓ Vazquez-Prokopec, GM., Cecere, MC., Canale, DM., Gürtler, RE y Kitron, U. (2005). Spatiotemporal patterns of reinfestation by *Triatoma guasayana* (Hemiptera:Reduviidae) in a rural community of northwestern Argentina. *Journal of medical entomology*. 42:571-81.

- ✓ Vazquez-Prokopec, GM., Spillmann, C., Zaidenberg, M., Kitron, U y Gürtler, RE. (2009). Cost-effectiveness of chagas disease vector control strategies in Northwestern Argentina. *PLoS neglected tropical diseases*. 3(1):e363. doi:10.1371/journal.pntd.0000363.

- ✓ Vezzani, D., Schweigmann, NJ.,Petrokovsky, SM y Wisnivesky-Colli, C. (2001). Characterization of *Triatoma guasayana* biotopes in a hardwood forest of Santiago del Estero, Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 96:459-66.

- ✓ Waleckx, E., Depickère, S., Salas, R., Aliaga, C., Monje, M., Calle, H., Buitrago, R., Noireau, F y Brenière, SF. (2012). New discoveries of sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera:Reduviidae) throughout the Bolivian Chaco. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 86:455-8. doi:10.4269/ajtmh.2012.11-0205.

- ✓ Wisnivesky-Colli, C. (1994). Triatominoes vectores secundarios de *Trypanosoma cruzi*: su domiciliación potencial. *Talleres (Venezuela)*. 3:83-89.

- ✓ Wisnivesky-Colli, C., Gürtler, RE.,Solarz, ND.,Schweigmann, NJ.,Petrokovsky, SM.,Alberti, A y Flo, J. (1993). Dispersive flight and house invasion by *Triatoma*

guasayana and *Triatoma sordida* in Argentina. Mem. Inst. Oswaldo Cruz Rio J. 88:27-32.

- ✓ World Health Organization. (2010). Working to overcome the global impact of neglected tropical diseases. First WHO report on neglected tropical diseases. Pp.123.
- ✓ World Health Organization. (2013). Sustaining the drive to overcome the global impact of neglected tropical diseases Sustaining the drive to overcome. Pp. 514.
- ✓ World Health Organization.(2015). Neglected tropical diseases in the world today. Neglected tropical diseases in the world today. Pp. 64-68.
- ✓ Zaidemberg, M., Spillmann, C., y Páez, RC. (2004). Control de Chagas en la Argentina. Su evolución. Revista Argentina de Cardiología. 72(5):375-380.
- ✓ Zeledón, R y Rabinovich, JE.(1981). Chagas' Disease: an ecological appraisal with emphasis on its insect vectors. Annual Rev. Entom. 26:101-133.

4.7 ANEXO 1

Para la transformación de los datos (temperatura y humedad relativa) de los registros obtenidos a campo cada 35 minutos a periodos cada 30 minutos, se desarrolló el siguiente *macro* en planillas de cálculo de excel:

```
'Número de minutos del intervalo a interpolar

Dim cada

cada = 30

'Comienza el script

horaAbsoluta = cada

cada = (1 / 24 / 60 * cada)

'Reviso cuantas columnas hay

columnasDeDatos = 0

While Not IsEmpty(Range("A1").Cells(1, 3 + columnasDeDatos))

    columnasDeDatos = columnasDeDatos + 1

Wend

'Escribo el encabezado

Range("A1").Cells(1, 4 + columnasDeDatos).Value = "Fecha y hora"

Range("A1").Cells(1, 4 + columnasDeDatos + 1).Value = "Hora absoluta"

For x = 1 To columnasDeDatos

    Range("A1").Cells(1, 4 + columnasDeDatos + 1 + x).Value = "Variable " &

x

Next x
```

```

'Cual es la primer hora a interpolar

dia = Range("A1").Cells(1, 1).Value

hora = Range("A1").Cells(1, 2).Value

horacomienzo = 1 / 24 * Hour(hora)

While (hora > horacomienzo)

    horacomienzo = horacomienzo + cada

Wend

hora = horacomienzo

Application.ScreenUpdating = False

    'Voy recorriendo fila a fila para llevar a cabo la interpolación

seguir = True

filaAEscribir = 2

filaALeer = 1

While seguir

    'Busco las filas para poder llevar a cabo la interpolación

    'Reviso si los días son los mismos

    If ((Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer, 1).Value)) And (Not
IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer, 2).Value))) Then

        diahoramin = Range("A1").Cells(filaALeer, 1).Value +
Range("A1").Cells(filaALeer, 2).Value

    Else

        diahoramin = 999999999

```

End If

If ((Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 1).Value)) And (Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 2).Value))) Then

 diahoramax = Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 1).Value +
 Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 2).Value

Else

 diahoramax = -1

End If

 'Reviso si las horas caen donde necesito

diahora = dia + hora

 'Progress bar

 'Application.StatusBar = filaALeer & " - " & diahora

 If (diahoramin <= diahora) And (diahoramax >= diahora) Then

 If ((diahoramax - diahoramin) < 0.1) Then

 'Llevo a cabo la interpolación

 Range("A1").Cells(filaAEscribir, 4 + columnasDeDatos).Value =
diahora

 Range("A1").Cells(filaAEscribir, 4 +
columnasDeDatos).NumberFormat = "dd/mm/yyyy hh:mm"

 Range("A1").Cells(filaAEscribir, 4 + columnasDeDatos + 1).Value
= horaAbsoluta * (filaAEscribir - 1)

 hora1 = diahoramin

 hora2 = diahoramax

```

For x = 1 To columnasDeDatos

    If ((Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer, 2 + x))) And (Not
IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 2 + x)))) Then

        valor1 = Range("A1").Cells(filaALeer, 2 + x).Value

        valor2 = Range("A1").Cells(filaALeer + 1, 2 + x).Value

        interpolado = (valor1 - valor2) / (hora1 - hora2) * (diahora -
hora2) + valor2

        Range("A1").Cells(filaAEscribir, 4 + columnasDeDatos + 1 +
x).Value = interpolado

    End If

Next x

    filaAEscribir = filaAEscribir + 1

End If

hora = hora + cada

If hora > 1 Then

    hora = hora - 1

    dia = dia + 1

End If

Else 'del if horas

    If diahoramin = 999999999 Then

        'la hora no puede interpolarse

        If Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaAEscribir - 1, 4 +
columnasDeDatos)) Then

```

```

        'Dejo una linea en blanco

        filaAEscribir = filaAEscribir + 1

    End If

    filaALeer = filaALeer + 1

Else

    If diahoramin > diahora Then

        'la hora no puede interpolarse

        If Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaAEscribir - 1, 4 +
columnasDeDatos)) Then

            'Dejo una linea en blanco

            filaAEscribir = filaAEscribir + 1

        End If

        hora = hora + cada

        If hora > 1 Then

            hora = hora - 1

            dia = dia + 1

        End If

    Else

        If diahoramax = -1 Then

            'la hora no puede interpolarse

            If Not IsEmpty(Range("A1").Cells(filaAEscribir - 1, 4 +
columnasDeDatos)) Then

```

```

        'Dejo una linea en blanco

        filaAEscribir = filaAEscribir + 1

    End If

    filaALeer = filaALeer + 1

    hora = hora + cada

    If hora > 1 Then

        hora = hora - 1

        dia = dia + 1

    End If

Else

    If diahoramax < diahora Then

        filaALeer = filaALeer + 1

    End If

End If

End If

End If

End If ' del if horas

If IsEmpty(Range("A1").Cells(filaALeer, 1)) Then

    seguir = False

End If

Wend

```



```
Application.ScreenUpdating = True
```

```
End Sub
```